CONOSCENZE

ELEMENTARI

DI FISICA E CHIMICA

CONOSCENZE
ELEMENTARI
DI FISICA E CHIMICA

COMPILATE

PER UN CORSO D' INSEGNAMENTO

DA

Francesco Sav.° Scarpati

Parte Fisica

VOL. II.

NAPOLI
Dallo Stabilimento Tipografico del Tasso
Strada Mezzocannone num. 75, primo piano nobile.
1846.

LIBRO SECONDO.

Degl' imponderabili

Le proprietà generali della materia ponderabile sono state esposte nel libro precedente; in questo ci occuperemo dello studio degl'imponderabili.

Tutt'i corpi che sono nel nostro Pianeta dividonsi in semplici e composti. I corpi semplici sono quelli, che i mezzi chimici fin ora conosciuti non sono giunti a decomporli, ne ci danno indizio di loro composizione; niente di più facile che coll'avvanzamento della scienza, molti di questi corpi considerati ora come semplici, si riconosceranno composti.

Gli antichi ammettevano quattro elementi; cioè l'aria, l'acqua, la terra, ed il fuoco, dai quali credevano formati tutt'i corpi, ora conosciamo che queste idee sono erronee, dapoichè tre di questi pretesi elementi, che sono l' aria, l'acqua, e la terra sono composti.

I corpi composti sono quelli che mediante operazioni chimiche possono ridursi in corpi semplici; così il cinabro è un composto perchè possiamo convertirlo in solfo e mercurio; il solfo ed il mercurio li consideriamo come semplici, perchè non si è riuscito fin'ora a decomporli.

Tra i corpi se ne ammettono alcuni privi di peso e di altre proprietà spettanti alla materia ponderabile; dapoichè accumulandosi su questa non alterano le sue proprietà caratteristiche, e particolarmente il peso; e perciò sono distinti col nome d' imponderabili, questi sono il calorico, la luce, il fluido elettrico, ed il magnetico; essi hanno tali rapporti tra loro da far congetturare che sia un solo sotto diverse modificazioni.

CAPITOLO I.

Della Luce

1. La luce è quel mezzo di cui la natura si serve per farci conoscere gli oggetti, ancorchè situati al di là dell' impero del tatto. Le nostre idee sarebbero molto limitate col semplice soccorso del tatto; la vista sublima le nostre facoltà alla considerazione di ciò ch'è dentro e fuori del nostro globo, e le fa penetrare negli spazj immensi della creazione. Ciò non basta, l'ingegno umano ha trionfato maggiormente con estendere questo potere mercè l' arte, al di là dei limiti assegnatili dalla natura; pruova di ciò ne sono i progressi fatti dall'Astronomia, dalla Nautica, dalla Storia naturale, coll' aiuto degli strumenti ottici.

Noi divideremo lo studio della luce in due parti: nella prima brevemente esamineremo la luce nel produrre i fenomeni della visione; e nella seconda ci occuperemo della sua azione nell' operare i cangiamenti chimici.

Della luce nel produrre i fenomeni della visione.

2. Due ipotesi sono state immaginate per dar spiegazione dei fenomeni luminosi; una fu pensata da Cartesio e da Eulero, e l'altra da Newton. I primi supposero un fluido impercettibile sparso da per tutto nell'Universo, che nello stato di quiete non apporta nessuna impressione su i nostri sensi, al quale diedero il nome di etere: esso è posto in movimento ondulatorio dalla presenza di un corpo luminoso, rassomigliando questo movimento alle ondulazioni aeree prodotte dall'azione di un corpo sonoro, o alle onde prodotte nell'acqua da una pietra che vi si getta. Questa ipotesi fu distinta col nome di teorica delle ondulazioni, e soddisfa meglio della Newtoniana alla dimostrazione de' fenomeni puramente meccanici, ma è meno soddisfacente per quella della scomposizione della luce; per l'altra poi, cioè degli effetti chimici della luce si trova quasichè insufficiente.

Newton suppose che la luce fosse una sostanza che continuamente si distacca dal Sole e dai corpi luminosi, e perciò il suo sistema fu distinto col nome di sistema di emissione, o di emanazione. Contro questa ipotesi si è detto, che il Sole emettendo continuamente dalla sua massa, dovrebbe osservarsi una certa minorazione nel suo volume, che non si ravvisa punto. Ma sebbene possa esser fattibile che la massa del Sole diminuisca senza che questa perdita divenga per noi sensibile, attesa la corta distanza tra le nostre osservazioni; pure vi è altra ragione più potente, ed è che la lu-

ce assorbita da' corpi dotati di siffatta proprietà non apporta in essi alcun aumento sensibile, ancorchè esaminati con strumenti delicatissimi. Questa ipotesi si adatta meglio alla spiegazione dei fenomeni chimici, ma particolarmente in taluni fenomeni meccanici si mostra insufficientissima, come avremo occasione di far osservare nel prosieguo.

3. Tra i corpi alcuni spandono luce propria, come il Sole e le stelle fisse, e questi son detti luminosi per se stessi, altri tramandano la luce che hanno ricevuta dai primi e diconsi illuminati. Taluni poi sono attraversati dalla luce, come i gas, molti liquidi come l'acqua, e taluni solidi come il vetro, e questi sono chiamati trasparenti; altri finalmente perchè non danno libero passaggio alla luce si dicono corpi opachi. Un corpo opaco messo alla presenza di un corpo luminoso non può essere rischiarato che da quella parte rivolta verso il corpo luminoso, poichè la impenetrabilità dell'opaco impedisce che i raggi che vi si sono imbattuti proseguissero il loro cammino per illuminare quella parte posta contro la luce; questa porzione priva di luce diretta chiamasi ombra. L'ombra è modificata dalle dimensioni, dalla forma, e dalla posizione sì del corpo luminoso che del corpo opaco. Quell'intermezzo tra la luce e l'ombra che non è perfettamente rischiarata, nè può dirsi ombra perfetta, chiamasi penombra. I corpi luminosi e gl'illuminati irraggiano dai diversi punti della loro superficie una luce che si diffonde nello spazio in direzioni rettilinee, che diconsi raggi. Un raggio di luce, secondo Cartesio è un filo di molecole eteree i cui movimenti consistono in picciolissime oscilla-

zioni, che si ripetono continuamente; e secondo Newton è un filo di molecole che hanno un movimento di trasporto, e si succedono l'una dopo l'altra senza interruzione.

Un raggio di luce segue un sentiero rettilineo quando percorre in mezzi omogenei e della stessa densità, e lo sviluppo dei fenomeni a cui dà luogo forma lo studio di quella parte del trattato della luce che chiamasi ottica. Quando poi un raggio di luce s' imbatte in una superficie polita e levigata di un corpo opaco vien reflesso in una direzione determinata, e la catottrica ne esamina le leggi. Finalmente se il raggio di luce entra in mezzi trasparenti di densità diverse, o proprietà materiali diverse, devia dal sentiero rettilineo; questa deviazione dicesi *refrazione*, e la diottrica determina la legge de' fenomeni a cui da luogo. Qualora poi il corpo non è trasparente, nè levigato ne avviene un indebolimento più o meno nell' intensità della luce; indebolimento prodotto sì dalla dispersione de' raggi luminosi, che dall'assorbimento di luce maggiore operato dal corpo in corrispondenza della sua natura e delle condizioni della sua superficie.

Dell' ottica.

4. La prima legge che regola i fenomeni dell' ottica è la seguente. In un mezzo trasparente di materia omogenea e della stessa densità la trasmissione della luce si esegue in linea retta. Di ciò possiamo convincercene facilmente, considerando che ci riesce difficile vedere un corpo, se nella linea retta tirata tra l'occhio ed il

corpo si rattrova situato un corpo opaco; parimenti se si pratica una piccola apertura nella chiusura di una stanza oscura, in modo da farvi penetrare un raggio di luce, questo rischiara gli oggetti che trova nell' aria lungo il suo passaggio, osservandosi una striscia luminosa rettilinea.

5. Keplero credè che la trasmissione della luce fosse istantanea, vale a dire che la sua velocità fosse incommensurabile, e Galileo fu il primo che cercò di misurarla; ma perchè faceva percorrere alla luce un intervallo molto limitato, le ricerche sue furono senza successo; ma le osservazioni astronomiche hanno apprestati i mezzi di misura con molta precisione. La prima escogitazione è dovuta a Roemer e Cassini nelle osservazioni degli ecclissi del primo satellite di Giove; questo pianeta avendo un diametro più piccolo di quello del Sole, il cerchio che limita la parte illuminata dalla parte oscura è la base di un ombra conica situata verso quest' ultima parte. I satelliti girando intorno al pianeta entrano in questa, si ecclissano non essendo visibili in tutto il tempo che stanno nell' ombra, e ricompariscono al momento che n' escono. La Terra, essendo più prossima al Sole che Giove, qualora si trova in congiunzione cioè situata tra il Sole e Giove, come l'indica la (Fig. 1ª); si osserva che la distanza tra la fine di un ecclisse e quell' dell' altra susseguente è di circa 42 ore e mezzo. La terra percorrendo la sua orbita, che compie in un anno qualora Giove ne impiega cinque, giunge in un punto in cui il Sole trovasi posto tra la Terra e Giove. Or in questa posizione, se la velocità della luce fosse infinita, un osservatore dovrebbe vedere

uscire il primo satellite dal cono di ombra a capo di un certo numero di volte 42 ore e mezzo, per quante volte si è ecclissato dal tempo della prima osservazione, ma non succede così, stantecchè si osserva costantemente la fine di quest' ecclisse 16′, 26″ più tardi. Or siccome la distanza tra le due posizioni dell' orbita terrestre è quella del diametro della detta orbita, ch' è di 68 a 69 milioni di leghe; si conchiude che la luce nel percorrere questa lunghezza impiega 16′, 26″, e per giungere dal Sole a noi impiega 8′, 13″; dal che si deduce che percorre circa 70000 leghe in ogni minuto secondo.

L'intensità (1) della luce decresce nella ragione dei quadrati delle distanze. Di questa legge possiamo convincercene situando una stessa luce successivamente nei centri di due sfere, i di cui raggi sieno nel rapporto di 1 : 2. la stessa quantità di luce sarà ricevuta dalle superficie delle sfere; ed essendo la piu grande quadrupla della più piccola, perciò l' intensità di luce raccolta in ciascun punto della superficie della sfera più piccola dovrà esser quadrupla della intensità di luce raccolta in ciascun punto della superficie della sfera più grande; dal che risulta che l' intensità della luce decresce nella ragione del quadrato di 2 al quadrato di 1 ch'è la ragione inversa dei quadrati dei raggi delle sfere, o delle distanze della loro superficie dal centro luminoso. L' intensità della luce dipende ancora dall' inclinazione dei

(1) Per intensità di luce s' intende la quantità assoluta di luce sparsa su di una unità di superficie di un corpo illuminato; si ottiene un numero che misura questa intensità dividendo la quantità di luce che cade su di una superficie piana per l'estensione di questa superficie.

raggi colla superficie illuminata; risultando la sua intensità di luce nel rapporto dei seni degli angoli che fanno con essa i raggi luminosi; cosicchè nelle due superficie BC e BE (Fig. 2ª) venendo illuminati dai stessi raggi H ed L, le intensità di luce in esse saranno come i seni degli angoli HFC ed HME. Il sole a proporzione ch'è più elevato sull'orizzonte c'illumina dippiù, perchè i suoi raggi li riceviamo in direzioni meno oblique.

Oltre alle anzidette due cagioni, la luce può indebolirsi pel passaggio attraverso de' mezzi diafani; di fatti la luce degli oggetti dopo aver percorsa una gran distanza nell'aria è poco viva, e secondo le osservazioni di Bouguer la luce attraversando un intervallo di tre leghe e un quarto nell'aria diminuisce di un terzo della sua intensità; osservandosi un decrescimento maggiore allorchè ha attraversato mezzi liquidi o solidi. Si conosce, che a gran profondità, il fondo del mare è quasi completamente privo di luce, e che il cristallo lo più terso, ma di alcuni pollici di spessezza, sembra opaco. Dai risultati ottenuti dai signori Bouguer e Lacaille la intensità della luce decresce in progressione geometrica attraversando mezzi di densità uniforme, la di cui spessezza cresce in progressione aritmetica.

6. Diverse vie sono state indicate per paragonare le intensità di due lumi; noi ne esporremo due, una proposta dal signor Bouguer, e l'altra da Rumford. La prima consiste nel praticare in un cartone disposto verticalmente due aperture coverte uniformemente da carta ogliata, e frapporre un mezzo opaco tra le due aperture; si situano avanti ciascun apertura le due luci che

vogliönsi confrontare, e si ravvicina o si scosta una di esse dall'apertura fino a che, guardando dalla parte opposta, si osservano rischiarate ugualmente le carte ogliate. Or essendo le intensità delle luci nella ragione inversa dei quadrati delle distanze; se con D e d s' indicano le distanze delle luci dal cartone, e con I ed i le loro intensità; si avrà $\frac{I}{D^2}=\frac{i}{d^2}$ ed $\frac{I}{i}=\frac{D^2}{d^2}$; e perciò $I : i = D^2 : d^2$, vale a dira il rapporto delle intensità è uguale a quella dei quadrati delle rispettive distanze delle luci dal cartono; ed essendo conosciuto questo rapporto si saprà l'altro delle intensità delle due luci. Rumford ha proposto un altro metodo che consiste nel disporre le luci per rapporto ad un corpo opaco situato verticalmente, in modo che le ombre di questo projettate su di un quadro trasparente appariscono della stessa intensità; le intensità di luce sono nel rapporto delle loro distanze dal corpo opaco. Questo processo è generalmente preferito al primo; perchè si crede più facile valutare l' uguaglianza di due ombre, che di due luci. Questi apparecchi si dicono *foto metri*.

Il fotometro di Rumfort è stato impiegato per paragonare le facoltà illuminanti di differenti specie di luci, si per determinare l' influenza delle diverse parti di un candeliere, e le proporzioni relative che bisogna darle, nel doppio scopo, di aumentare l' intensità di luce, e minorare la spesa pel consumo. Dai risultati dedotti da queste esperienze si è conchiuso che molte cause fanno variare l'intensità della luce somministrata da un lume ordinario ad oglio; la carbonizzazione del luci-

gnuolo, l'abbassamento del livello dell' oglio nel serbatojo, e la sua vaporizzazione pel riscaldamento dell'apparecchio. Nei lumi di Carsel un sistema di pompe mosse da un meccanismo di orologeria fa sempre affluire sulla calzettella la stessa quantità di oglio alla stessa temperatura, di modo chè n' è sempre imbevuta e non si carbonizza che pochissimo, e perciò la facoltà illuminante di questi lumi è quasi costante; ma il meccanismo di questi lumi è tale che hanno bisogno necessariamente di persona esperta per pulirli, il che deve eseguirsi ben spesso; perciò credo preferibili per l' uso comune i così detti lumi solari, ne'quali il meccanismo è semplicissimo, e danno una fiamma bianca, prodotta dalla scomposizione dell'oglio a temperatura elevata, di una forza illuminante soddisfacentissima.

Nei lumi a calzettelle piane, il tubo di vetro non ha altro oggetto che di rendere la fiamma tranquilla; ma nelle lampadi di Argant, ed in quelle alla Quinquet ha quello di attivare la doppia corrente di aria, perciò la sua forma non è indifferente, ed il suo diametro deve essere in un certo rapporto con quello della calzettella, se si vuole ottenere la maggior luce possibile dallo stesso consumo di oglio.

Le luci prodotte dai gas combustibili estratti dal carbon fossile, e dall'oglio sono state comparate tra loro, non che le disposizioni dei becchi e dei cammini; in generale nell' illuminazione a gas la luce più brillante, e nel medesimo tempo la più economica, vien prodotta dai becchi a doppia corrente di aria in cui i buchi sono più numerosi, il condotto di aria interno più piccolo, ed il cammino più stretto; ed i poteri illuminanti

di due volumi uguali di gas combustibili estratti dal carbon fossile e dall'oglio sono tra loro presso a poco come 1 : 2¼; Questo rapporto può variare di molto per la qualità de' materiali, e pel modo di fabbricazione.

La comparazione della forza illuminante della luce del Sole e della Luna si tra loro, che con quella di una candela è stata eseguita da diversi fisici. Bouguer mediante il suo apparecchio ottenne il rapporto tra la forza illuminante del Sole e quella della Luna come circa 250000 ad 1. Leslie mediante un fotometro di sua invenzione stabilì la forza illuminante della luce solare 12000 volte più grande di quella di una candela ordinaria, e 94500 quella della Luna. Wollaston per mezzo del fotometro di Rumford ha trovato che il Sole rischiara 800000 più che la luna. Queste grandi differenze tra i risultati dei diversi fisici ci convingono della grande imperfezione dei mezzi fotometrici adoperati finora nel confrontare la luce degli astri; ma se questi mezzi potessero perfezionarsi, da dare risultati esatti nella valutazione della luce naturale, si avrebbero senza dubbio nell' applicazione all'astronomia dei progressi importanti in questa scienza.

Della Catottrica

7. Se i corpi trasparenti danno libero passaggio ai raggi luminosi, le superficie levigate dei corpi opachi li riflettono come gli specchi; ma in molte di esse le imagini si osservano confuse. Tra i corpi solidi non vi è che qualche metallo, o meglio talune leghe metalliche, ovvero delle amalgame (combinazioni del mer-

curio con altri metalli) applicate sulla superficie de'cristalli, che sono suscettibili di prendere una pulitura levigata e perfetta, e così essere al caso di dare le imagini degli oggetti con precisione.

Gli specchi di cristallo sono utilissimi per gli usi ordinari, ma non possono adoperarsi per esperienze delicate di ottica; dappoichè cadendo i raggi di luce obliquamente sopra di essi si esegue la reflessione non solo sulla superficie anteriore del cristallo, ma ancora sulla superficie dell'amalgama sottoposta al cristallo; oltre a che hanno luogo ancora due refrazioni, una del raggio incidente, e l'altra del raggio reflesso; perciò i fenomeni che si hanno col loro mezzo, non sono prodotti dalla semplice reflessione operata in un solo punto.

Gli specchi possono variare moltissimo per la forma delle loro superficie: noi peraltro ci occuperemo particolarmente di quelli a superficie piane, e a superficie sferiche, cioè quei la cui superficie corrisponde a quella di una porzione sferica.

8. La legge fondamentale che regola i fenomeni della catottrica è la seguente. Se un raggio di luce cade obliquamente sulla superficie di uno specchio, e nel punto d'incidenza del raggio suddetto s'intende innalzata una perpendicolare sulla superficie dello specchio; il raggio rimbalzerà formando un angolo colla perpendicolare esattamente uguale a quello formato dal raggio incidente colla stessa perpendicolare; ed il raggio incidente, la perpendicolare, ed il raggio reflesso restano nello stesso piano. Allorchè la superficie dello specchio è curva, bisogna supporre menata una perpendicolare

nel punto d'incidenza, su di un piano-tangente al medesimo punto.

L'angolo formato dalla perpendicolare col raggio incidente, chiamasi angolo d'incidenza, e quello formato dal raggio reflesso colla stessa perpendicolare, dicesi angolo di reflessione; e se il raggio incidente cade perpendicolarmente allo specchio ne verrà da questo rimbalzato per la stessa direzione, confondendosi il raggio incidente col raggio reflesso.

L'anzidetta legge si può colla massima facilità verifire coll'esperienza, introducendo in una stanza oscura un raggio di luce che vada ad imbattersi obliquamente sopra uno specchio piano; si potrà osservare l'uguaglianza tra l'angolo d'incidenza e di reflessione mediante un semicerchio graduato, situato perpendicolarmente allo specchio, e nell'istesso piano dei raggi d'incidenza e di reflessione, ed in modo che il centro corrisponda al punto d'incidenza; si osserverà così facilmente che l'angolo d'incidenza è uguale all'angolo di reflessione.

Mediante l'anzidetta legge si dà ragione di tutt'i fenomeni catottrici, avendo riguardo alla conformazione degli specchi.

9. Sia un punto raggiante B, (Fig. 4) collocato dirimpetto ad uno specchio piano, che emette raggi in tutte le direzioni, de'quali alcuni dopo di essere stati reflessi in ab entrano nell'occhio di un osservatore collocato in pl; l'insieme di questi raggi reflessi può considerarsi come un cono tronco di cui la base pl è nell'occhio, e la sezione poggia sullo specchio. Lo specchio piano non fa che cangiare la direzione dei raggi

senza alterarne la disposizione relativa. Il cono lRp sarà uguale al cono spezzato lbBap, e l'osservatore avendo l'abitudine di rinvenire gli oggetti nella direzione de' raggi luminosi che riceve nell' occhio, vede perciò l'oggetto in R. I due triangoli BDa, ed RDa, avendo un angolo uguale compreso fra due lati uguali sono uguali, dal che si ha BD=RD; perciò l'oggetto è veduto dietro lo specchio, ad una distanza DR uguale a DB, della stessa forma e grandezza, ma soltanto con minorazione d'indensità nella sua luce, e questa minorazione è prodotta dall'assorbimento di una porzione di raggi luminosi operata dallo specchio; e si comprende facilmente che nell'immagine si osservano tutt' i movimenti che subisce l'oggetto reale.

L'immagine di un oggetto di una dimensione data si ha menando da ciascun punto dell'oggetto una perpendicolare al piano dello specchio, e prolungarla al di là dello specchio di una quantità uguale alla distanza del medesimo punto dallo specchio.

10. Gli specchi sferici sono convessi o di divergenza, e concavi o di convergenza; denominazioni dedotte tanto dalla conformazione, che da fenomeni, che per mezzo di essi si osservano.

Di uno specchio sferico, si chiama centro geometrico il centro della sfera di cui lo specchio fa parte, centro ottico il punto situato nel mezzo dello specchio, ed asse la retta menata pel centro ottico e pel centro geometrico.

Potendosi considerare ogni elemento di uno specchio sferico come un piccolo specchio piano, la reflessione di ogni raggio di luce si ha come se fosse fatta sul pia-

no tangente menato al punto d'incidenza; laonde i raggi incidenti e quei reflessi formano angoli uguali colla normale, ch'è il raggio della sfera tirato al punto d'incidenza.

11. Se si dirige uno specchio concavo ABC (Fig. 5) all'azione de'raggi solari, in modo che il suo asse BD sia in direzione parallela ai raggi EA ed FC, questi saranno reflessi, e secondo la legge di catottrica verranno riuniti nel punto O, o in uno spazio limitatissimo ch'è situato presso a poco nel mezzo della distanza dei due centri geometrico ed ottico; questo spazio si distingue non solamente da una luce abbagliante, ma ancora da un calore vivissimo, il quale dicesi fuoco principale dei raggi paralleli. Il fuoco trovasi in tal punto quando il corpo luminoso è posto ad una grandissima distanza, cosicchè i suoi raggi possono considerarsi paralleli; ma se il punto luminoso P (Fig. 6) è posto sull'asse al di là del centro C; il raggio PM reflettesi nella direzione MR formando l'angolo CMR uguale a CMP, e siccome quest'ultimo è minore dell'angolo OMC, che fa CM con MO parallela all'asse, perciò il primo deve essere minore di FMC; e perciò il punto F si vede ravvicinato al centro in R; e allo stesso modo potremo convincerci che tutt'i raggi emanati dal punto P dopo essersi imbattuti nei vari punti dello specchio si reflettono in R ch'è il fuoco relativo al punto luminoso P; parimente si può dedurre che i raggi emanati da un punto luminoso R si riuniscono in P, ch'è il fuoco relativamente al punto R dell'asse; e perciò questi fuochi P ed R, che si riproducono a vicenda diconsi *fuochi conjugati*. Similmente può dedursi che quanto più il punto

luminoso si avvanza lungo l'asse verso il centro C, tanto più il fuoco R si allontana da F avvicinandosi al centro C; e qualora il punto luminoso trovasi nel centro C, allora i suoi raggi essendo perpendicolari ai piani tangenti menati nei punti d'incidenza, perciò gli stessi raggi saranno reflessi nello stesso centro. Se poi il punto luminoso, coll'approssimarsi dippiù allo specchio, oltrepassa il centro C allora il fuoco si allontanerà più dallo specchio oltrepassando il centro, talmentechè se il punto luminoso fosse in R il fuoco sarebbe in P; e se il punto luminoso fosse posto nel fuoco principale F, tutt'i raggi sarebbero reflessi in direzioni parallele all'asse. Finalmente se il punto luminoso è posto più vicino allo specchio del fuoco principale F, l'angolo d'incidenza divenendo maggiore di FMC quello di reflessione dovrà essere più grande di CMO, e perciò i raggi reflessi divergeranno, nè vi sarà più fuoco assoluto, ma piuttosto un fuoco ideale posto dall'altra parte dello specchio.

12. Fin ora abbiamo supposto il punto luminoso situato nella direzione dell'asse dello specchio; supponiamo ora che questo punto P sia fuori dell'asse AC (Fig. 7). Dal centro geometrico C tirati i raggi CM, CA, e CD che sono perpendicolari ai piani tangenti ne punti M, A, e D; i raggi di luce PM, PA, e PD dovranno reflettersi nelle direzioni MR, AR, e DR riunendosi nel punto R; formando l'angolo RMC = PMC, e l'angolo RAC = PAC, e PD cadendo perpendicolarmente sullo specchio n'è reflesso nella medesima direzione; perciò il punto R è il fuoco conjugato del punto P. Or se un corpo qualunque PH posto ove si

voglia innanzi ad uno specchio concavo DM; essendo il punto R il fuoco conjugato di P, e il punto L di H; e con una costruzione simile potendosi per ogni punto di PH rinvenire il fuoco conjugato in LR, ne verrà che PH avrà per immagine rovesciata RL, e PH sarà l'immagine qualora l'oggetto reale fosse RL.

Adunque le posizioni di queste immagini trovansi facilmente colla costruzione sopra esposta; e per quanto riguarda la loro grandezza relativa si ha da'triangoli simili PCH ed RCL HC: LC, o PC:RC=PH: RL, vale a dire che il rapporto delle grandezze relative di un corpo e della sua immagine è uguale a quello delle distanze dal centro C ai fuochi coniugati P ed R. Onde si comprende, che un oggetto posto al di là del centro geometrico di uno specchio concavo da la sua immagine situata al di quà ma impicciolita; e invece se l'oggetto è posto tra questo centro e il fuoco principale F l'imagine è ingrandita e posta al di là del centro, avendosi in ambedue i casi l'imagine capovolta; e converrà porre l'oggetto un poco di lato in rapporto all'asse affinchè l'immagine si formi dall'altro lato. Adoprasi una lastra di vetro offuscata che si situa nel fuoco per ricevere l'immagine; o si fa in modo che l'occhio sia posto nel punto P o nella direzione de' fascetti de' raggi che ne derivano, giacchè tutt'i raggi emanati da R incrocicchiansi in F, e divergono partendo da quel punto; la grandezza della pupilla riceverà così i vari fascetti che giungono da tutt'i punti di RL; dapoicchè fuori di questa direzione per l'incrocicchiamento dei raggi non si avrebbe una immagine nitida.

13. Ecco dunque la serie degli effetti prodotti da

uno specchio concavo. Se si dispone un corpo di poca estensione, come una candela accesa a grandissima distanza dallo specchio e nella direzione del suo asse, si vedrà una piccola immagine della candela rovesciata e molto brillante nel fuoco principale dello specchio, e propriamente nel mezzo della distanza tra il centro ottico e il centro geometrico; e a misura che si avvicina la candela allo specchio, la sua immagine si anderà sempre più allontanando e ingrandendo, cosicchè giunto al centro geometrico si confonderà coll'oggetto; ed avvicinandosi di più la candela allo specchio la sua immagine continuerà ad ingrandirsi e ad allontanarsi; osservandosi in tutti questi casi l'immagine rovesciata. Se poi la candela si mette nel fuoco principale la sua immagine diverrà d'infinita grandezza e posta a distanza infinita, nè si potrà più vedere, non potendosi porre l'occhio in veruna delle circostanze necessarie per vederla.

Se si continua ad avvicinare la candela oltre il fuoco principale la sua immagine ben presto rivedrassi dietro lo specchio ma dritta, prima molto grande poi sempre impicciolendosi; non è questo più l'effetto della riunione dei raggi in verun punto, poichè questi fuochi sono collocati al di là dello specchio, ma ricevendo l'occhio i raggi reflessi in direzioni determinate si ha lo stesso effetto che darebbero i raggi luminosi emanati da questo fuoco ipotetico. Inoltre questa immagine decresce a misura che l'oggetto si avvicina allo specchio, e del pari avvicinasi anch'essa; e quando finalmente lo tocca, l'immagine confondesi coll'oggetto.

14. Gli specchi concavi producono illusioni singolarissime che nascono dalle dottrine che abbiamo es-

poste: quando, per esempio, un uomo ponesi innanzi ad uno di questi specchi alquanto più lontano dal fuoco principale, ei vede la propria immagine pendente in aria innanzi a lui col capo in giù; e se egli si avvicina o si allontana dallo specchio, l'immagine si allontanerà o avvicinerà; ed allungando la mano o eseguendo altro movimento, si osserverà lo stesso nell'immagine. Fa duopo avvertire che ciò che abbiamo detto avviene esattamente quando lo specchio è di piccola estensione in rapporto alla sfera di cui fa parte, e che il punto luminoso e l'oggetto di cui vuolsi avere l'immagine sono posti in guisa, che la linea condotta da questo punto al centro di figura dello specchio fa un picciolissimo angolo col raggio che va da questo punto al centro della sfera. Ove non si verificano siffatte condizioni non si possono avere che immagini confuse e incerte; poichè questo fuoco che abbiamo considerato come un punto unico, per ogni punto radiante è una piccola superficie, e queste piccole superficie accavalcandosi le une sulle altre non lasciano nessuna nitidezza nel contorno delle immagini.

Allorchè poi un oggetto è posto innanzi ad uno specchio la di cui superficie è curva ma non sferica, i raggi reflessi da questa superficie danno una immagine la di cui configurazione è spesso differente da quella dell' oggetto, la quale si può dedurre a priori, mediante considerazioni geometriche dalla legge che regola la luce reflessa, dalla conformazione della superficie dello specchio, e dalla posizione dell'occhio. Tali sono i disegni informi e bizzarri, che possono costruirsi su di un cartone, conosciuti col nome di *Anamorfosi*.

Crediamo interessante riportare la descrizione di uno

strumento usitatissimo in diverse esperienze sulla luce, che porta il nome di *Eliostat*. Si sà che supponendo la Terra fissa, il Sole descrive in ciascun giorno col suo movimento apparente una circonferenza di cerchio, il di cui centro è sull'asse del mondo, e che varia di posizione a misura che l'astro si avvanza sull'ecclettica da un solstizio all'altro; questa circonferenza non è nel piano dell'equatore che nei soli giorni equinoziali. L'apparecchio si propone di far muovere la superficie di uno specchio, in modo che malgrado il movimento apparente del sole i raggi sono reflessi costantemente in una medesima direzione. Posto ciò l'eliostat consiste in uno specchio metallico circolare, mobile sopra di un asse orizzontale, sostenuto questo da un sostegno verticale che può girare attorno di se; un asta metallica è fissata verticalmente sulla superficie opposta dello specchio, la di cui estremità libera vien mossa dall'indice di un orologio che fa la sua rivoluzione completa in 24 ore; l'orologio deve esser situato in modo che il suo quadrante risulti perpendicolare al meridiano del luogo, e parallelo al piano dell'equatore.

15. Gli specchi ustorii quando presentansi direttamente all'azione de'raggi solari non danno per fuoco un punto, ma una piccola superficie circolare; l'intensità del calore che si ottiene per mezzo di essi, sta a quello che si ha dall'azione semplice e diretta dei raggi solari, come la superficie dello specchio sta all'estensione del suo fuoco. Lo specchio di Villette aveva 47 pollici di diametro, e la immagine solare era di o. 358 pollici; i cerchi essendo nella ragione dei quadrati dei raggi, i quadrati di questi numeri sono nel rapporto di 17236:1;

perciò il calore sviluppato nel suo fuoco era 17236 volte maggiore di quello de'raggi diretti, sottrattone la perdita per la porzione di calorico assorbita dallo specchio. Si è osservato che nei grandi calori estivi la intensità nell' effetto degli specchi ustori s' indebolisce, forse per l'eccessiva quantità di vapori esistenti nell'atmosfera; e che le circostanze più favorevoli per tali sperimenti sembrano essere una temperatura media ed un'atmosfera nitida.

Dietro siffatte dimostrazioni s' intende ora come succede che presentando al sole uno specchio concavo di una certa grandezza, in modo che il suo asse sia nella direzione de'raggi solari, potranno questi accendere una sostanza posta nel fuoco principale. Lo specchio di Villette, poc' anzi citato che aveva la distanza focale di 3 piedi e 2 poll. fuse in sette secondi e mezzo una moneta di argento, in tre secondi una di stagno, e un diamante del peso di quattro grani perdette 7/8 del proprio peso. Gli specchi di Manfredo Septala, di Gartiner e di altri furono celebri un tempo per gli effetti con essi ottenuti.

16. La fabbricazione di un grande specchio riuscendo difficile, si può come fece il padre Kircher disporre una gran quantità di piccioli specchi piani inclinati, talmentecchè ciascuno di essi riporta l'imagine del Sole allo stesso punto. Buffon ne fece costruire uno composto di 158 specchi piani connessi tra loro, ciascuno di sei pollici quadrati, mobili sopra assi mediante tre viti; che fissava in maniera da poter portare il fuoco comune ove egli voleva; con questo specchio bruciò un masso di legno a 200 piedi di distanza, e a 45 piedi fuse il piom-

bo, l'argento, e il rame. Tali sperimenti fan credere non improbabile ciò che si dice del matematico Siracusano di aver incendiato da lontano la flotta Romana che teneva in assedio Siracusa.

Sull'esempio de piccoli specchi piani inclinati in modo da poter reflettere i raggi del sole nello stesso punto, Buffon immaginò di fare alcune lenti composte da pezzi di cristallo tutti lavorati sulla stessa sfera, che si accozzano in modo da formare una lente, detta perciò lente a scaglione. Nella (Fig. 8), vedesi una lente centrale che è circondata da quattro pezzi disposti a zona; questa zona è cinta da un' altra di otto pezzi e così di seguito; ciascuno di questi pezzi è ridotta alla minor grossezza possibile, e tutti hanno il proprio fuoco in un punto comune; i risultamenti di questo apparato sono possentissimi, e la fabbricazione ne è molto facile. Il Dottor Brewster combinò in seguito queste lenti con riverberi per accrescere la intensità del calore; e Fresnel modificandole le ha applicate, non è gran tempo all' illuminazione de'fari con una riuscita che lascia ben poco a desiderare; dando le lenti a scaglione così modificate un effetto di gran lunga superiore agli usuali riverberi, sempre molto costosi, e imperfetti.

17. Se poi un raggio di luce OM incontra la superficie di uno specchio convesso (Fig. 9) nel punto M in prossimità dell'asse BA, e in direzione parallela al medesimo; e se al punto M d'incidenza si tiri il raggio CM che si prolunghi in D, sarà MD normale al piano tangente menato al punto d'incidenza; perciò il raggio OM si refletterà nella direzione MI formando l'angolo di reflessione DMI uguale a quello d'incidenza OMD, ed il pun-

to F ove il raggio reflesso IMF prolungato incontra l'asse AC dicesi fuoco negativo de'raggi paralleli. Che se il punto radiante è sull'asse in R, il raggio incidente RM darà il raggio reflesso MK, ed il fuoco negativo in P, il quale è più vicino alla superficie dello specchio; dal che derivano gli effetti seguenti.

1.° La reflessione operata da uno specchio convesso rende divergenti i raggi che erano paralleli prima della loro incidenza, e aumenta la divergenza di quelli che erano divergenti; di quelli poi che erano convergenti esso può secondo le circostanze renderli divergenti, paralleli, o minorarne la convergenza.

2.° L'immagine prodotta da uno specchio convesso è sempre posta dietro lo specchio, e perciò non si può ricevere sopra un piano frapposto, come nei specchi concavi.

3.° Quando l'oggetto è a distanza infinita vedesi l'immagine dietro lo specchio nel fuoco F impicciolita, e precisa, e a misura che l'oggetto si avvicina alla superficie convessa, l'immagine si avvicina del pari e s' ingrandisce, fino a divenire della stessa grandezza dell'oggetto reale, confondendosi con essa quando l'oggetto tocca lo specchio; in tutte le posizioni l'immagine rimane sempre dritta.

Il fuoco dello specchio convesso è un fuoco immaginario, perchè non è un punto determinato dalla concorrenza dei raggi reflessi, e solamente dalla intersezione che si ha prolungando i raggi reflessi dietro lo specchio, e può determinarsi praticamente nel seguente modo. S'incolla sulla superficie dello specchio convesso (Fig. 9) MAN un foglio di carta nera, nel quale si

praticano due fori M ed N ad uguali distanze dal centro ottico dello specchio, e diametralmente opposti; presentando lo specchio così apparecchiato ai raggi solari, in modo che il suo asse sia in direzione dei raggi solari, questi fori lasciano reflettere i raggi in due direzioni MI ed NI; queste linee prolungatè dietro lo specchio danno il fuoco nel loro punto di riunione F. Or se si mette un cartone innanzi allo specchio ad una determinata distanza, e perpendicolare all'asse dello specchio, e sopra esso si facciano imbattere i raggi reflessi; in tal modo si avranno la distanza AB del cartone dal centro A dello specchio, la distanza MN tra i due buchi della carta nera posta sullo specchio, e la distanza II sul cartone tra i due raggi che vi s'imbattono; da questi dati facilmente potrà rilevarsi il punto F e la distanza FA.

Della diottrica.

18. Quando un raggio di luce penetra in mezzi (1) trasparenti di densità diverse subisce un deviamento nella direzione passando nel secondo mezzo, purchè incontra obliquamente la superficie di questo, un tal deviamento chiamasi refrazione; e non soffrirà alterazione alcuna nel suo cammino se incontra la superficie del secondo mezzo perpendicolarmente. Il punto pel quale la luce entra nel secondo mezzo chiamasi punto d'incidenza o d'immersione, e quello pel quale spiccasi punto di emergenza.

(1) I corpi attraversati dai raggi luminosi chiamansi mezzi.

Or nell' incontro obliquo : se nel punto d' incidenza del secondo mezzo si suppone nella sua superficie innalzata una perpendicolare, il raggio di luce si avvicinerà alla direzione della perpendicolare se esso passa da un mezzo raro in un mezzo denso; e si allontanerà dalla direzione della perpendicolare se abbandona un mezzo denso e va in un mezzo raro; dippiù il raggio incidente, la perpendicolare, e il raggio refratto sono nel medesimo piano.

Per convincercene possiamo adoperare l' apparecchio immaginato da Cartesio (Fig. 10) che consiste in un vase emisferico di vetro sottile ACB il di cui centro è in O, ripieno di acqua fino ad AOB; un lembo circolare graduato ACBD è disposto al di fuori del vase, verticalmente alla superficie del liquido, ed in modo che il suo centro si confonde col centro O della sfera di cui il vase n'è parte; facendo imbattere un raggio solare LO nel centro O, in direzione obliqua alla superficie dell'acqua, e nel piano del lembo circolare graduato ACBD; la porzione di essa che s'immerge nell'acqua verrà refratta seguendo la direzione OA, ch' è benanche nel piano del lembo circolare graduato, e più prossima alla direzione della verticale pel passaggio dall' aria nell' acqua, cioè da un mezzo meno denso in uno più denso; risultando l' angolo LOD formato dal raggio incidente colla perpendicolare, maggiore dell' angolo COR formato dal raggio refratto colla stessa perpendicolare, i quali possono esser misurati sul lembo circolare graduato. Facendo variare l' angolo d' incidenza LOD si osserva, come per la prima volta osservò Cartesio, che varia benanche l' angolo di refrazione ROC seguendo la leg-

ge che il seno dell'angolo d'incidenza è al seno dell'angolo di refrazione in un rapporto costante sotto qualunque incidenza, attraversando gli stessi mezzi; questo rapporto a cui si è dato il nome d'indice di refrazione e circa $^4/_3$ allorchè la luce passa dall'aria nell'acqua; vale a dire che sen. DOL : sen ROC presso a poco come 4 : 3. Si può verificare l'inverso se si fà passare il raggio di luce dall'acqua nell'aria; e si può benanche osservare che se il raggio incidente cade perpendicolarmente sulla superficie del secondo mezzo il raggio serba la stessa direzione ne'due mezzi. Se in vece dell'acqua s'impiega un altro liquido si osserva la medesima legge, soltanto il valore costante dell'indice di refrazione è diverso. Lo stesso ha luogo allorchè la luce passa dall'aria in un corpo solido trasparente.

L'indice di refrazione può esser determinato per i corpi solidi, costruendone alcuni prismi, e situandoli uno per volta in modo che uno dei lati AC (Fig. 11) sia in direzione verticale, e che il suo asse sia posto orizzontalmente. Se si fa imbattere perpendicolarmente sul piano AC un raggio di luce DF, esso percorrerà nell'interno del prisma senza cangiar direzione, finchè incontra l'altro lato AB; nell'uscire per questo lato dal prisma proverà un deviamento allontanandosi dalla direzione della perpendicolare, e prenderà la direzione EH ch'è nella prolungazione del piano ACF. L'angolo HEF ch'è l'eccesso dell'angolo di refrazioue HEI su quello d'incidenza NEF può esser misurato per mezzo di un cerchio ripetitore; l'angolo A del prisma uguale ad NEF è conosciuto, il rapporto sen. A+HEF: sen. A da l'indice di refrazione. Ripetendo lo stesso su prismi di di-

verse sostanze si ha l'indice di refrazione per le stesse.

I corpi liquidi ed aeriformi si potrebbero rinchiudere in prismi costruiti di pezzi di cristallo a facce piane e parallele ed osservarne la refrazione collo stesso processo.

Nell' esperienza precedente se si fa uso della luce solare si hanno nel raggio refratto diversi raggi coloriti; questo fenomeno che dicesi dispersione della luce, di cui ci occuperemo fra poco, ci fa marcare che i raggi più refratti sono di color violetto, ed i meno refratti sono i rossi, e nel mezzo vi sono quelli di color verde. Or per dedurre le conseguenze matematiche della refrazione della luce, bisogna rapportare i coefficienti e le espressioni di cui noi ci siamo serviti al raggio verde, o al raggio giallo che occupano il mezzo dei fasci dispersi.

L'esperimento seguente, che trova appoggio sulle leggi precedenti (a), ci convince che se la luce nel passare

---

(a) Indicando con l il rapporto del seno dell' angolo d' incidenza i al seno dell'angolo di refrazione r allorchè la luce passa da un mezzo M in un altro mezzo M' più refringente, si ha l'equazione, $\text{sen.}\, i = l\, \text{sen.}\, r$, ed l è maggiore dell'unità; se poi la luce si refrange passando da M' in un altro mezzo M meno refrigente, si ha $\text{sen.}\, i = \frac{1}{l}\, \text{sen.}\, r$. In quest' ultimo caso l'angolo di refrazione essendo sempre maggiore di quello d'incidenza deve esser retto allorchè l' angolo i ha per sen. $\frac{1}{l}$, e quando l' angolo d' incidenza sorpassa questo limite la refrazione diviene impossibile, e ciascuna porzione di luce proveniente dal mezzo M', che incontra la superficie di separazio-

da un mezzo più denso in un altro meno denso incontra la superficie di questo secondo mezzo sotto certe incidenze si ha una reflessione totale della luce; cosicchè se la bolla di un matraccio A (Fig. 12), in cui vi è un corpo in ignizione, s'immerge in una vasca di acqua BC chiusa superiormente da B fino a D, in modo che raggiungono alla superficie scoverta dell'acqua i raggi che formano colle normali tirate ai rispettivi punti d'incidenza angoli non minori di 48° 35′; un osservatore posto in qualunque punto non potrà vedere il corpo luminoso, venendo tutt'i raggi reflessi dalla superficie del secondo mezzo.

Il fatto della riflessione totale sotto certe incidenze da spiegazione di tutte le varietà di fenomeni conosciuti sotto il nome di *Miragio*.

19. Nel sistema di emissione si congettura, che quando un raggio luminoso si avvicina al secondo mezzo, la sua velocità e direzione vengono cambiate a poco a poco dall'attrazione esercitata da questo mezzo sulle molecole del raggio; quest'attrazione esercitandosi ad una distanza picciolissima, il raggio luminoso comparisce spezzato nel punto d'incidenza; introdotto che si è nel seconde mezzo, l'attrazione non venendo più modifica-

---

ne dei due mezzi sotto queste grandi incidenze, non potendo penetrare nel mezzo meno refrigente, dovrà riflettersi totalmente alla superficie del secondo mezzo senza punto penetrarvi. Allorchè il mezzo M è l'aria l'angolo d'incidenza dato pel limite sen. $i = \frac{1}{l}$ è di 48°, 35′ per l'acqua, e di 40° $\frac{1}{2}$ circa pel vetro.

ta, il raggio riprende il sentiero rettilineo. Da questa spiegazione risulta che l'indice di refrazione deve essere uguale al rapporto inverso delle velocità della luce nei due mezzi tra quali si opera; dal che si conchiude che la luce avrebbe maggior velocità nei mezzi più refringenti, e minor velocità nel vuoto; il che è in opposizione ad una quantità di fatti, e questa contradizione è una delle opposizioni potenti che si fà al sistema di emissione.

La forza che i corpi diafani esercitano su i raggi della luce, facendoli subire la refrazione, è una forza acceleratrice che agisce perpendicolarmente alle superficie dei corpi, alla quale Newton diede il nome di *potenza refrattiva*; e si occupò a misurarne gli effetti in ciascun corpo; confrontandola nei differenti corpi; ed ecco il metodo di cui si servì per determinarla: suppose che un raggio di luce CR (Fig. 13) incontrasse la superficie AB di ciascun corpo sotto un angolo infinitamente piccolo CRA, o ciò ch'è lo stesso suppose che l'angolo d'incidenza CRM fosse quasi retto; in seguito decompose il movimento RG del raggio refratto nelle due direzioni RN e GN, la prima nella direzione della superficie refrangente, e l'altra a questa perpendicolare. Or siccome il raggio incidente CR si è supposto di una velocità quasi nel senso di questa perpendicolare, tutto l'effetto che avviene in questo senso deve attribuirsi alla forza acceleratrice, o alla potenza refrattiva del mezzo, e si prova dietro le teorica delle forze acceleratrici; che se si suppone la linea RN costante, la potenza refrattiva sarà come il quadrato della perpendicolare GN.

20. Nella ipotesi delle ondulazioni la dimostrazione della legge di refrazione è la seguente. Sia AB (Fig. 14) la superficie di separazione dei due mezzi, e sieno FG ed ED i raggi incidenti che partono da un punto infinitamente lontano, e perciò paralleli tra loro. Si meni pel punto G la linea GI perpendicelare ai raggi incidenti, i movimenti corrispondenti delle ondulazioni dei due raggi incidenti arriveranno simultaneameute in G ed in I; parimente se consideriamo i raggi refratti paralleli GK e DL partiti dai punti G e D, e meniamo tra essi la perpendicolare DM; affinchè i due raggi sieno d'accordo, bisognerà che l'intervallo GM sia percorso nel medesimo tempo che l'intervallo ID, e sarà chiaro che per aver luogo ciò fa mestieri che questi due spazj sieno nel medesimo rapporto delle velocità di propagazione, o delle lunghezze di ondulazioni della luce nei due mezzi. Di fatti L ed I rappresentino le lunghezze delle ondulazioni nel primo e nel secondo mezzo, si dovrà avere DI : GM = L : I; ma nel triangolo rettangolo GID sta GD : ID = Rag: Sen. IGD = 1: Sen. IGD, perciò ID = GD $\times$ Sen. IGD; parimente GM = GD $\times$ Sen. GDM; onde avranno GD $\times$ Sen. IGD : GD $\times$ Sen. GDM = L : I, e Sen. IGD: Sen. GDM = L: I; or IGD è uguale all'angolo d'incidenza IDP, e GDM è uguale all'altro di refrazione QDL; adunque Sen. dell'angolo d'incidenza IDP : Sen. QDL angolo di refrazione = L: I; dal che segue che l'accordo dei raggi esigge che i seni degli angoli d'incidenza e di refrazione sieno nel rapporto delle lunghezze delle ondulazioni; vale a dire in un rapporto costante per i me-

desimi mezzi nella teorica delle onde, come è per l'appunto la legge conosciuta.

21. Dall'esame dei fenomeni diottrici si ricavano le seguenti conseguenze.

1.° Che il seno dell'angolo d'incidenza e quello dell'angolo di refrazione sono in un rapporto costante sotto qualunque incidenza, purchè i mezzi rimangono gli stessi; per esempio nel passaggio della luce dall'aria nel vetro, il seno dell'angolo d'incidenza è al seno dell'angolo di refrazione come 3: 2, e dall'aria nell'acqua come 4: 3. Questa legge è riconosciuta col nome di legge di Cartesio.

2.° Che il raggio luminoso serba sempre la stessa direzione attraversando gli stessi mezzi, sì nel passare dal mezzo più raro nel più denso, che dal più denso nel più raro. Così se il raggio BT (Fig. 15) dall'aria s'immetta nel cristallo per la refrazione prende la direzione TA; se poi parte dal punto A del cristallo seguendo la direzione AT, nell'aria prosegue nella stessa direzione TB; perchè il rapporto di refrazione tra gli stessi mezzi è costante.

3.° In ogni refrazione ha luogo sempre una riflessione di una porzione di luce; vale a dire che nel punto d'incidenza del secondo mezzo il raggio di luce si divide in due porzioni, delle quali una è riflessa, a l'altra è refratta; e la porzione riflessa è più considerevole quando il raggio cade più obliquamente.

4.° In ciascuna refrazione si ha un'alterazione nella natura della luce, e una minorazione nella sua intensità; poichè il raggio refratto dal punto d'incidenza in avanti si allarga formando non più una linea, ma una

piramide, la di cui base raccôlta sopra un quadro bianco offre tanti punti di diversi colori.

5.° La refrazione non solo si accresce quando è maggiore la differenza tra le densità de' mezzi che la luce attraversa ; ma a questa influiscono ancora alcune proprietà chimiche de'corpi. Di fatti si sa che i corpi combustibili posseggono questa proprietà ad un grado eminente, e che le maggiori refrazioni si hanno tra l'aria, il gas idrogeno, il diamante, e l'acqua; dal chè Newton nel ravvisare questa proprietà in alto grado nel diamante ne dedusse la sua combustibilità.

I fenomeni diottrici sono prodotti o dal passaggio della luce attraverso de' mezzi forniti di superficie piane o dal passaggio della luce per mezzi forniti di superficie sferiche. I corpi guardati attraverso de'primi si osservano tali come sono, ma deviati dalla loro posizione reale per effetto della refrazione. Di fatti se nel fondo di un vase si metta una moneta o altro corpo qualunque, cosicchè venghi appena occultato dal lembo del vase; se si versa l'acqua nel vase, restando l'osservatore nella stessa posizione, può vederlo benissimo; così pure se un bastone è in parte immerso nell' acqua apparisce come spezzato nella separazione dei due mezzi, il chè è dovuto alla refrazione; e similmente per la refrazione vediamo il sole più elevato sull' orizzonte di quello ch' è realmente; e gli astri che non sono esattamente allo zenit più distanti dall'orizzonte di quello che realmente lo sono.

22. Ordinariamente i fenomeni diottrici sono artificialmente operati mercè vetri puliti sì piani, che sferici. I vetri piani possono essere a facce parallele e *non*

parallele ; quelli a facce parallele altro non fanno che deviare la posizione reale dei corpi ; dappoichè il raggio AB (Fig. 16) che parte da un punto A di un corpo luminoso o illuminato immettendosi nel cristallo subisce la refrazione e prende la direzione BD ; nel passare poi dal cristallo nell' aria subisce una nuova refrazione, mediante la quale prende la direzione DO che non è nel prolungamento della direzione primitiva BA, ma è a questa parallela ; perciò l' occhio situato in O vede l' oggetto nella direzione OD e lo riporta nel punto C in vece di A.

Nei mezzi forniti di superficie non parallele, come sarebbe un prisma triangolare di cristallo, la cui sezione è ABC (Fig. 17), i raggi luminosi imbattendosi in uno dei piani AB percorrono nell'interno del prisma e ne escono per l' altro piano BC che forma angolo col precedente, allontanandosi in ogni incidenza dal vertice dell' angolo formato dai due piani che attraversano; cosicchè i diversi raggi refratti sono nella stessa sezione del prisma, e questo allontanamento è maggiore quanto più grande è l' angolo formato dai due piani.

I vetri sferici detti ancora *lenti*, non sono che porzioni di sfere a superficie convesse, o concave ; le convesse possono essere o convesse convesse, o piane convesse, secondochè la convessità si ravvisa in ambe le superficie, o in una sola; le concave ugualmente possono essere concave concave o piane concave giusta la conformazione delle loro superficie.

23. Di una lente qualunque, si chiama *centro ottico* il punto situato nel mezzo di essa, *centro geometrico* il centro della sfera di cui la lente fa parte, *asse*

la retta che unisce il centro ottico col centro geometrico; delle due superficie quella rivolta verso l'oggetto, si dice superficie anteriore, e posteriore quella rivolta verso l'occhio.

Potendosi tanto le lenti convesse che le concave considerare come il risultato dell'accozzamento di sezioni di prismi eguali, disposti nelle prime in modo che gli angoli formati da piani refringenti sono nel perimetro della lente, ed i lati opposti a' detti angoli si confondono in una linea costituendo l'asse della medesima; e nelle altre che gli angoli refringenti occupano il centro della lente, e i lati opposti il suo perimetro. Perciò i raggi che attraversano le lenti, nelle prime si avvicinano fino a riunirsi quasi in un punto, e per tale effetto esse sono chiamate ancora *lenti di convergenza*, e nelle seconde si slargano a proporzione che si scostano dalla superficie della lente, e perciò sono dette ancora *lenti di divergenza*.

24. Una lente di convergenza esposta ai raggi del sole essendo poggiata sopra una superficie bianca, se progressivamente se ne discosta, tenendola in modo, che il suo asse sia parallelo alla direzione de' raggi; si osserva che lo spazio luminoso prodotto dal passaggio della luce attraverso la lente, si va gradatamente minorando, finchè giunge ad una distanza in cui la luce occupa uno spazio limitatissimo, e scostandosi di più incomincia di nuovo ad ingrandirsi. Questo punto si chiama *fuoco principale* della lente, e la distanza di questo punto dalla superficie più prossima della lente, dicesi *distanza focale*; rovesciandosi la lente si osserva lo stesso fenomeno; perciò una lente di divergenza ha due

fuochi, i quali sono ugualmente distanti dalle due superficie se queste sono porzioni uguali di superficie della stessa sfera, nel qual caso la lente dicesi simmetrica (a).

25. Noi abbiamo supposto il corpo luminoso posto a distanza infinita, o almeno sì grande che i raggi incidenti possono considerarsi come paralleli; ma se l'oggetto luminoso si avvicina ad una lente convessa, i suoi raggi cadranno divergenti sulla superficie della lente, e si disporranno come un fiocco; attraversando la lente si convergeranno per la refrazione, e se la lente è di una certa convergenza essi si riuniranno in un fuoco che non sarà lo stesso punto di prima, ma più distante di questo. Approssimandosi più il corpo luminoso alla lente, restando sempre nella direzione del suo asse, il fuoco si allontana sempre più; e se questo corpo è posto nel fuoco principale F come nella (Fig. 18) i raggi emergenti dietro la refrazione, diverranno tutti paralleli; precisamente seguendo un cammino inverso di quando il corpo luminoso è posto a distanza infinita ed il fuoco in F; che se poi di più si avvicina il corpo luminoso alla lente, i raggi emergenti divergeranno e non avranno più fuoco, o al più un fuoco virtuale, posto dall'altra banda della lente. Ecco perchè l'occhio D vede ingrandito per refrazione un oggetto C posto alquanto al di là del fuoco principale F; per la ragione che i raggi

(a) Le lenti simmetriche convesse-convesse hanno una distanza focale uguale al raggio della sfera di cui fan parte, o più esattamente uguale $^{12}/_{11}$ di detto raggio; la distanza focale delle piane-convesse è uguale al doppio del raggio, o più precisamente uguale a $^{11}/_{6}$

emergenti divergono più che gl' incidenti, e la pupilla ricevendo questi raggi in direzioni più deviate vede gli oggetti sotto un angolo maggiore. Or questo deviamento essendo nella ragione inversa delle distanze focali, perciò l'ingrandimento degli oggetti per coteste lenti si osserva nell' indicato rapporto; e per questa proprietà, prendon posto nella maggior parte degli strumenti ottici.

Allorchè il punto luminoso non è situato sull' asse della lente, il fuoco nella parte opposta non lo sarà del pari e si scosterà dall'asse dal lato opposto a quello ove è situato il corpo luminoso, in modo che l'asse, il punto luminoso, ed il fuoco restano in un medesimo piano.

Or se un oggetto di una certa estensione luminoso o illuminato è situato avanti ad una lente bi-convessa di piccole dimenzioni, ovvero che l'oggetto sia molto lontano da poter considerare le distanze dei suoi diversi punti al centro ottico quasi della stessa lunghezza; ciascuno di questi punti invierà dei raggi luminosi che attraversando la lente per effetto della refrazione produrranno l'immagine dell'oggetto nel sito corrispondente ai diversi fuochi prodotti dai diversi punti luminosi. Allorchè l'oggetto è situato a distanza lontanissima la sua immagine è quasi al fuoco principale, piccolissima e rovesciata. Se l'oggetto si approssima alla lente la sua immagine sempre rovesciata se ne allontana e s'ingrandisce; e diviene di grandezza uguale all' oggetto, allorchè questa trovasi nel centro geometrico della lente; più grande dell'oggetto se questo si appprossima di più alla lente; ed infinitamente più grande e più lontana quando l'oggetto è molto prossimo al fuoco principale. Qualora poi l' oggetto trovasi situato tra la lente ed il

suo fuoco principale l'imagine è dritta virtuale, e sempre più piccola dell'oggetto. Tutto questo può verificarsi coll'esperienza, situando una candela avanti ad una lente bi-convessa, e raccogliendo la sua immagine su di una lastra spolita posta dalla parte opposta della lente.

26. Le lenti di convergenza sono con profitto impiegate per riparare uno dei difetti della vista a cui vanno soggetti i vecchi, chiamato *presbiopia*, che consiste nella compressione del bulbo dell'occhio; dimodochè i raggi luminosi entrando nell'occhio non si riuniscono nel sito opportuno per operare la visione perfetta, ma in un punto più lontano; perciò siffatte lenti rendendo i raggi più convergenti, fanno sì che essi si riuniscono nel sito conveniente. Sono impiegate ancora le lenti di convergenza, quando hanno una larga superficie e una distanza focale non maggiore del loro diametro o apertura, per dirigere un eccessivo calore in un punto; nel qual caso prendono il nome di vetri ardenti, e i loro effetti sono rimarchevolissimi particolarmente quando sono di larga apertura, e lo spazio in cui si riunisce la luce, chiamato *spazio caustico*, è molto ristretto.

27. Se una lente di divergenza si espone ai raggi del sole, e si raccoglie la luce trasmessa sopra una superficie bianca si osserva che questa luce diverge come se venisse da un punto situato nella concavità opposta della lente; questo punto chiamasi fuoco negativo della lente, e la distanza da questo punto dalla superficie anteriore dicesi distanza focale negativa; e siccome si os-

serva lo stesso se rovesciasi la lente; perciò una lente di divergenza ha due fuochi negativi.

Isolatamente le lenti concave servono per riparare ad un altro difetto della vista, ch'è la *miopìa*; difetto che consiste nella soverchia convessità del bulbo dell'occhio; perciò i raggi luminosi imbattendovisi si convergono fortemente, e la riunione de' raggi succede in un punto molto più in fuori di quello ch' è necessario per operare la visione perfetta; le lenti concave operando una divergenza nei raggi di tanto da correggere la soverchia convergenza prodotta dall' occhio, fanno succedere la visione regolare.

Per la divergenza prodotta dall'azione delle lenti concave, gli oggetti guardati attraverso di esse si osservano più impiccioliti e ravvicinati, e la distanza massima da cui può osservarsi l' immagine, è la distanza focale.

Nell'uso delle lenti si concave che convesse, per correggere i difetti della vista, bisogna badare al grado di concavità o convessità corrispondente al bisogno della vista, giacchè oltrepassando il bisogno la vista viene defaticata, e rendesi pigra e debole dopo breve tempo.

28. Per meglio comprendere quello che abbiamo detto di sopra è necessario dare qualche piccolo cenno sul fenomeno della visione.

La visione si effettuisce per la propagazione dei raggi luminosi che partono dai corpi e vanno all'occhio.

L'occhio è costruito in modo che i raggi emanati dagli oggetti esterni entrano per la pupilla e si refrangono attraversando il cristallino e gli umori interni dell' occhio, come farebbero nell' attraversar le lenti. Questi raggi vanno a portare l' immagine dei corpi sopra una

membrana nervosa sensibilissima chiamata retina che tapezza il fondo dell'occhio, prodotta dalla dilatazione delle estremità di due grossi nervi che partono dal cervello pei quali ci viene la sensazione della vista; e affinchè l'oggetto si vegga distintamente è d'uopo che i raggi si raccolghino sulla retina. La vista difettosa può dipendere da due diverse conformazioni dell'occhio; o questo è troppo schiacciato, e allora i raggi non si riuniscono sulla retina ma un poco indietro, e ciò forma il difetto della presbiopìa, nel quale caso bisogna accrescere la convergenza dei raggi, affinchè l'immagine vada dipinta sulla retina, il che si ottiene usando lenti convesse; o l'occhio è troppo rilevato, allora i raggi si riuniscono prima di giungere alla retina, ciocchè forma il difetto della miopìa, e converrà divergerli per far che l'oggetto si dipinga sulla retina, il che si ottiene mercè le lenti concave.

29. Il fenomeno della visione presenta fatti quasichè inesplicabili ai quali non si può per ora dare ragione soddisfacente; i lumi ulteriori della Fisica, guidati dalla notomia di quest'organo, potranno forse darci in seguito ragioni convincenti; così perchè osserviamo gli oggetti dritti quando le immagini si pingono nell'occhio rovesciate, attesa la sua struttura; più queste si pingono ugualmente ne due occhi, purtuttavia non ne osserviamo che una sola, qualora dovressimo vederle raddoppiate; similmente queste immagini rappresentano le superficie dei corpi e non i corpi, intanto noi giudichiamo con molta esattezza delle loro forme reali; e altre cose simili.

Della scomposizione della luce o teorica de' colori diottrici.

30. La luce del Sole e di tutti i corpi luminosi è formata dalla riunione di sette raggi principali diversamente coloriti, che sono il violetto, l'indaco, il blù, il verde, il giallo, l'arancio è il rosso. Ciascuno di questi raggi oltre del colore particolare, ha certe qualità che le sono proprie. Dalla diversa unione di questi raggi ne nascono tutti i colori sì naturali che artificiali, e la riunione di tutti dà il bianco.

Grimaldi riconobbe la scomposizione della luce nei raggi coloriti; ma Newton la dimostrò nel modo più completo, e l'apparecchio semplicissimo di cui si servì è un prisma triangolare di cristallo. Nel passaggio che fa la luce per questo prisma subisce due refrazioni, una alla superficie anteriore e l'altra alla posteriore; per questo doppio effetto, la refrazione essendo varia ne' differenti raggi coloriti, la dispersione dei colori si aumenta di molto, cosicchè si può esaminare la luce refratta a quella distanza che si vuole dal prisma.

31. Per riconoscere l'ineguaglianza di refrangibilità dei differenti raggi, fa duopo guardare, attraverso dei piani refringenti di un prisma di cristallo un pezzo di carta, di cui una metà è dipinta in rosso e l'altra in blù. Se l'angolo refringente del prisma è in alto si vedrà che la parte blù è più alta della rossa. Di fatti sia CAB (Fig. 19) la sezione verticale di un prisma, A il suo angolo refringente, o l'angolo attraverso le cui facce si effettuisce il passaggio della luce, e sia SI un

raggio che parte dal rosso; questo raggio nell'immettersi nel prisma prenderà la direzione IL avvicinandosi alla direzione della perpendicolare IM, e dopo aver attraversato il prisma, nel passare di bel nuovo nell' aria si allontanerà dalla perpendicolare, e prenderà la direzione LO; dimodochè l'occhio situato in O crederà l'oggetto in R, e sarà facile comprendere che la deviazione dell' oggetto sarà di tanto più grande per quanto la refrazione sarà maggiore. Or se il color blù ha una forza refrattiva più grande, si osserverà il color blù più elevato, il che si avvera realmente nel fatto. Da questo esperimento si può conchiudere, che la luce bianca è composta da raggi inegualmente refrangibili, e la diversa refrazione che soffrono nell' attraversare il prisma ne opera la separazione.

32. Per realizzare questa scomposizione; praticate alla chiusura di una stanza resa oscura un forellino, pel quale potesse immettersi nella stanza un fascetto di luce solare SI (Fig. 20), situato il prisma in modo che il suo asse sia perpendicolare alla direzione del raggio luminoso, osserverete l' imagine raccolta sopra un quadro di tela bianca molto ingrandita nel senso MN, terminata da due linee rette e da due archi circolari, e che il violetto è il colore il più refrangibile, e il rosso il meno refrangibile, e che va scemando la refrangibilità dal violetto al rosso; perciò si trovano i raggi diversamente coloriti schierati nell'ordine che abbiamo indicato; questa immagine è quella che ha ricevuto il nome di spettro solare. Se poi si fa imbattere lo spettro solare, ad una certa distanza dal prisma sopra una lente di convergenza si osserverà la luce raccolta nel suo fuoco

perfettamente bianca; dimostrandosi in tal modo la sintesi della luce.

I raggi ugualmente coloriti sono ugualmente refrangibili, perchè facendo attraversare lo spettro solare per un secondo e anche un terzo prisma, non si aumenta per nulla il numero dei fasci, ciascun colore resta lo stesso, soltanto il più refrangibile sarà il più deviato.

Si è molto discusso sul numero dei colori della luce: Newton fu di parere che le gradazioni sono innumerevoli incominciando dal rosso più vivo al violetto più intenso, e che ciascuno di essi ha un rapporto particolare di refrazione: fin ora questa opinione è la più probabile.

33. La disposizione dei colori nello spettro solare ha fatto sospettare a taluni Fisici che certi colori risultassero dalla soprapposizione di due colori, e perciò il numero dei raggi coloriti fosse più limitato; così l'arancio posto tra il rosso e il giallo risultasse dalla riunione di questi due, parimente il verde ch'è posto tra il giallo e il blù; e ciò è convalidato da quello che si pratica nelle arti, cioè che il miscuglio del giallo e del blù dà il verde, e che l'arancio è formato spesso dalla riunione del rosso e del giallo. È vero che se si riuniscono con una lente il giallo e il rosso dello spettro si ha l'arancio, e della stessa maniera si ha il verde dalla riunione del giallo e del blù; ma questi verdi e questi aranci diversificano da quelli dello spettro, dacchè i primi attraversando un altro prisma si risolvono nei colori elementari; e quelli dello spettro restano indivisibili e inalterati.

Newton provò con accurati sperimenti che il raggio

violetto il più refrangibile tra i diversi raggi coloriti è parimente il più reflessibile, e che la reflessibilità in essi va con lo stesso ordine di refrangibilità.

34. Le osservazioni di Newton provano che i corpi che appariscono bianchi reflettono ugualmente tutt' i colori della luce, e che i corpi che compariscono coloriti sono di tal natura che riflettono più abbondantemente taluni raggi e assorbiscono il resto; i corpi poi che compariscono neri sono quelli che assorbiscono quasi interamente la luce che essi ricevono. Questi risultati sono dedotti da fatti eseguiti colla massima scrupolosità.

I colori che noi osserviamo nei corpi coloriti difficilmente possono rassomigliare a quei dello spettro solare; ciò dipende probabilmente dacchè i corpi non riflettono la luce di un solo colore fondamentale semplice, e perciò non può avvenire che i colori in essi corrispondono a quelli dello spettro solare. L' esperimento seguente dimostra che i colori artificiali i più puri rassomigliano fino ad un certo punto ai colori dello spettro solare. Dividete la superficie di un piatto in sette settori corrispondenti alla estensione dei colori dello spettro solare, ed in ciascuna porzione imitatene i colori al più che si può; allorchè farete girare il piatto con grande rapidità, apparirà totalmente bianco. Questo esperimento ha la sua dimostrazione nel modo seguente; le impressioni successive che riceve la retina non spariscono immediatamente; perciò noi proviamo quasi la stessa sensazione quando molti colori si succedono precipitosamente, che quando i raggi pervengono in pari tempo nell'occhio e si confondono realmente.

35. Un' altra osservazione da non essere trascurata nella considerazione dei colori prismatici è la seguente, che quando si guarda attraverso del prisma una superficie alquanto estesa e di un sol colore, questa sembra uniformemente colorita nel mezzo, tuttochè questo colore uniforme fosse realmente composto; il che si dimostra facilmente: dappoichè ciascun raggio che parte da quella superficie è in effetti decomposto dal prisma nei diversi colori, ma questi colori variati che vengono da punti vicinissimi si fondono di nuovo insieme sopraponendosi in parte, perciò formano in questi punti un sol colore, e solamente negli estremi diversificano i colori.

Vi sono diversi corpi che compariscono di due o più colori differenti secondocchè la luce percorre più o meno in essi, per essere poi reflessa o trasmesso; se si studia la loro influenza su i fasci dispersi da un prisma incolore, si osserva sempre che lo spettro prodotto, dopo che questa influenza ha avuto luogo conserva due o più parti in cui i colori sono vivissimi; qualora gl'intervalli che li separano sono opachi, o totalmente neri. La differenza fra gl' indici di refrazione dei due colori estremi dello spettro solare chiamasi *coefficiente di dispersione*; il quale è vario a seconda delle diverse sostanze che la luce attraversa.

Aberrazione di refrangibilità, ed acromatismo.

36. Newton fondandosi su di una conchiusione inesatta dedotta dalla generalizzazione di un fatto particolare, fù condotto a considerare la dispersione come un feno-

meno più semplice di quel ch' è, ed a riguardare come costante i rapporti di refrangibilità dei raggi colorati, nel loro passaggio per le diverse sostanze trasparenti ; o in altri termini a supporre la dispersione proporzionale alla refrazione; da tale proporzionalità si ha come conseguenza necessaria, che la luce attraversando due mezzi sussecutivi per rientrare nell' aria, l'effetto della dispersione non poteva scomparire che con quello della refrazione, e bisognava che i raggi emergenti fossero paralleli ai raggi incidenti per aversi da essi della luce bianca. Ma quantunque, in generale, le sostanze le più refrangenti, operano benanche la maggior dispersione ; pure la legge della dispersione, riguardata come proporzionale alla refrazione non è vera in tutta l' estensione. Dollond celebre ottico inglese dimostrò la falsità delle idee di Newton mediante il seguente sperimento : fece traversare da un raggio solare un sistema di due prismi, disposti con i loro angoli rivolti in senso inverso (Fig. 21); il primo di essi, ch'è formato da lamine di cristallo ripieno di liquido, è ad angoli variabili, ed il secondo è pieno ed è solido; facendo variare l'angolo del primo prisma si ottiene un raggio emergente di luce bianca prima che la deviazione divenisse nulla. I raggi incidenti paralleli LI divergendo da I dopo la prima refrazione, i raggi rossi seguono la direzione Ir ed i violetti Iv; nel sortire dal primo prisma la divergenza aumenta, ed i raggi violetti pervengono in v', ed i raggi rossi in r' sulla prima superficie del prisma solido, ove ha luogo una terza refrazione; ma il potere dispersivo della materia del secondo prisma può esser tale che i raggi violetti rapprossimandosi più alla normale in v'',

che i raggi rossi alla normale in r'', vengono a riunirsi nel sortire dal secondo prisma nel medesimo punto r'' o in un punto v'' vicinissimo ad r''. Finalmente la quarta refrazione che ha luogo in questo punto rendendo i raggi violetti e rossi paralleli, potrà risultarne il fascio emergente di luce bianca.

Or veniamo al fatto: i raggi solari paralleli, dopo aver attraversata una lente biconvessa non si uniscono esattamente nel suo fuoco; ma i differenti raggi coloriti, per la loro diversa refrangibilità, concorrono realmente in punti differenti dell'asse; di modocche l'immagine del sole nel fuoco principale è bianca verso il centro, ed è circondata di anelli di colori diversi; a questa diffusione di colori nelle immagini prodotta dalle lenti si è dato il nome *di abberrazione di refrangibilità*; e l'acromatismo ha per oggetto di farla scomparire.

37. La scoverta di Dollond ha reso l'acromatismo possibile; e vi riuscì soprapponendo ad una lente biconvessa di crownglass una lente biconcava di flintglass (Fig. 22), sostanze che hanno presso a poco lo stesso potere refringente, ma quest'ultima ha un potere dispersivo maggiore, in modo che senza distruggere intieramente la convergenza de' raggi emergenti, conduce nel medesimo punto dell'asse i fuochi dei raggi esteriori dello spettro. Si conviene della possibilità di questo risultato seguendo l'andamento dei raggi rossi nelle due lenti, come abbiamo fatto per i due prismi; potendosi ottenere una lente-composta acromatica dalla riunione delle anzidette lenti.

A tutto rigore l'acromatismo non è mai perfetto; vale a dire che il processo di Dollond, non annulla total-

mente l'abberrazione di refrangibilità, ma la rende quasicchè insensibile; dapoicchè pervenendo a far coincidere i raggi emergenti rossi e violetti, quei degli altri colori possono essere ancora separati; perchè le differenze di refrangibilità non restano le stesse nei mezzi di diversa natura. Pur non pertanto impiegando tre lenti in luogo di due, si può far coincidere il fuoco di un terzo colore con il fuoco comune dei raggi rossi e violetti. Il Signor Amici ha costruito delle lenti di sette vetri differenti che riuniscono nel medesimo punto i sette colori principali dello spettro. Gli ottici modificando insensibilmente i diversi pezzi accollati determinano praticamente gli angoli dei prismi, o le curvature delle lenti di differenti sostanze; ed a questo modo hanno trovato che nel sistema dei due prismi di sopra indicato, l'acromatismo ha luogo quando gli angoli refringenti sono in ragione inversa dei loro coefficienti di dispersione, essendo però questi angoli di un piccol numero di gradi; e questo risultato vien confermato dalla teoria.

Abberrazione di sfericità.

38. Oltre l'abberrazione di refrangibilità le lenti van soggette all'*abberrazione di sfericità*; essa consiste in questo; i raggi luminosi che attraversano i bordi di una lente non concorrono nello stesso punto con quei che emergono in prossimità del suo asse, dal che ne nasce la confusione. Questa confusione si minora di molto con situare innanzi la lente un diaframma in modo da arrestare i raggi che pervengono dai bordi. Bisogna av-

vertire che questo mezzo di correzione esige l'impiego di grandi lenti, altrimenti si ha un indebolimento nella luce riunita al suo fuoco.

Dell' Iride, o Arco baleno.

39. La conoscenza della scomposizione della luce mediante la refrazione ci mette nel caso di dare una dimostrazione fisica dell'arco baleno.

Antonio de Dominis pare che sia stata il primo a tentarla con qualche successo, Cartesio la riformò dando più precisione nell'andamento dei raggi, e Newton la perfezionò.

Le condizioni indispensabili per l'apparizione di questa meteora sono: 1.° la presenza del sole sull'orizzonte ad una altezza non maggiore di 54°; 2.° la risoluzione di una nube in pioggia; 3.° che l'osservatore sia colle spalle al sole e rivolto verso la nube, e che la luce refratta in ciascuna goccia di poggia deve provare almeno una riflessione nel suo interno prima d'immettersi nel suo occhio; 4.° finalmente che la luce diretta non sopprima la debole luce reflessa dalle goccie di acqua.

Si osservano quasi sempre due archi concentrici, ciascuno de'quali offre i colori dello spettro solare; cosicchè nell'arco interno i colori, incominciando dall'alto, sono disposti nell'ordine seguente: rosso, arancio, giallo, verde, blù, indago, e violetto; e nell'arco esterno l'ordine de'colori è inverso, cioè il violetto è nella parte di sopra indi sussecutivamente gli altri. Con difficoltà si osserva un terzo arco.

40. Per dimostrare cotesto fenomeno dobbiamo aver

presente ciò che succede in un piano che supporremo menato per l'astro, pel centro della goccia di acqua, che dev'essere di forma sferica attesa l'azione molecolare, e per l'occhio dell' osservatore. Posto ciò supponiamo SI un fascio di raggi solari (Fig. 23), che nella sua incidenza in I si divide in due porzioni, delle quali una penetra nella goccia subendo la refrazione ordinaria, e l'altra si reflette; la porzione refratta giunta ch'è in I' si suddivide, cosicchè una parte esce dalla goccia, e l'altra si reflette nella direzione I' I'', che refratta di bel nuovo pel passaggio nell' aria può incontrare l' occhio dell'osservatore collocato in O. La posizione di quest' ultimo relativamente al sole fa vedere chiaramente, che la luce la quale non ha subito due refrazioni è perduta per lui, perchè non può colpire il suo occhio.

Il raggio emergente in I'' prova una dispersione dell' intutto simile a quella che subirebbe se uscisse dal prisma, i di cui raggi estremi sono I''R ed I''V; l'occhio riceverà nel piano che noi abbiamo supposto una mescolanza di raggi, dimodochè la sensazione ne sarà confusa, e l'impressione sarà debole a cagione della dilatazione del fascio, e della perdita di luce fatta nel suo passaggio attraverso la goccia. Laonde affinchè, l' occhio avesse una sensazione viva dei diversi colori, bisogna che ciascuno di questi colori risulti da un fascio di raggi non divergenti, ma paralleli nella loro emergenza; e questi raggi così disposti sono stati chiamati *raggi efficaci*.

41. Si può conoscere o coll' esperienza, o mercè il calcolo sotto quali condizioni si producono i raggi efficaci; noi peraltro indicheremo la via della sperienza.

Se si fanno cadere un numero di raggi luminosi so-

pra una goccia di acqua sferica (Fig. 24) e si cerca l'angolo di deviazione, vale a dire l'angolo formato dal raggio incidente ed il raggio raccolto dall'occhio dell'osservatore, si trova che esso è nullo sotto l'incidenza perpendicolare, e che aumenta fino ad un certo limite d'incidenza uguale a circa 59.° 30′ per i raggi rossi; pe'quali la deviazione è di 42.° 1′. 40″ per una sola reflessione interna; ed è perciò che i raggi poco lontani e paralleli, cadendo sotto questa incidenza sulla goccia ne scapperanno parallelamente, quantunque fosse di 42° la deviazione generale del fascio. Or dunque l'occhio di un osservatore situato ad una gran distanza dalla goccia di acqua, non può essere affetto che da questi raggi; poichè essi, atteso il loro parallelismo, hanno conservata la loro intensità, mentre che gli altri si sono indeboliti per la dilatazione.

Posto ciò se s'immaginano tirate per l'occhio dell'osservatore delle linee parallele ai raggi che vengono da tutt'i punti del disco del sole, e considerando ciascuna di queste linee come gli assi di altretanti coni retti, le di cui basi sono verso la nuvola; avendo l'angolo al centro di 42°, 1′, 40″, ed il suo apice nell'occhio; lo spazio annulare compreso fra tutti questi coni dovrà contenere tutt'i raggi visuali nella di cui direzione l'occhio riceve de' raggi rossi; il che darà l'impressione di una banda rossa di 30′ di spessezza, essendo questo il valore medio dell'angolo sostenuto dal diametro del sole veduto dalla terra. Si avrà una banda violetta prendendo per angolo al centro di uno dei coni l'angolo di deviazione di 40°, 17′ corrisponde ai raggi violetti efficaci, dopo una sola riflessione nell'interno della goccia

di acqua; e le cinque bande degli altri colori principali dello spettro solare si ottengono della stessa maniera. Tutte queste bande si soprapposngono in parte occupando una larghezza totale di 1°, 45′.

Il valore degli angoli di deviazione dimostra perchè nel caso di una sola reflessione, la parte inferiore dell'arco è violetto e la parte superiore è rossa; succedendo il contrario per due reflessioni. In effetti in quest' ultimo caso gli angoli di deviazione sono di 50.° 58′. per i raggi rossi, e di 54.° 9′. per i raggi violetti.

42. Premesso ciò la Fig. 25 rappresenta fedelmente l' aspetto dell' arco baleno. Il sole supposto a distanza infinita in S, lo spettatore in O, e la pioggia in vr, v′r′.

Si conosce benissimo l' immobilità dell' arco baleno, malgrado la caduta continuata delle gocce di acqua nella pioggia; poichè le gocce essendo rimpiazzate da altre che occupano lo stesso posto, è come se le prime fossero immobili.

Esaminiamo ora la larghezza dei due archi. La linea ROA essendo parallela alla direzione dei raggi solari Sv, Sv′ (a cagione della distanza immensa di quest'astro) gli angoli AOv, e AOr sono uguali agli angoli SvO e SrO come alterni interni.

La larghezza apparente dell'arco interno è dunque la differenza tra i valori degli angoli di deviazione per i raggi rosso e violetti, vale a dire 1.° 45′; la larghezza apparente dell' arco esterno è 3.° 10′; la distanza apparente dei due archi è 8.° 57′ Queste dovrebbero essere le dimensioni e le distanze tra i due archi se il sole fosse un punto; ma quest' astro ha un diametro ap-

parente di 30′ circa. Dal che segue che se noi consideriamo gli archi di sopra determinati come prodotti dai raggi emanati dal centro del disco solare, la larghezza di questi archi sarà aumentata di 30′; il che porta la larghezza dell'arco interno a 2.° 15′., e quella dell'arco esterno a 3.° 40′., e la distanza tra i due archi sarà ridotta a 8.° 27′: di fatti queste dimensioni determinate col calcolo sono conformi a quelle che danno le osservazioni.

Inoltre la parte visibile dell'arco baleno non è sempre la stessa; poichè quando il Sole è all'orizzonte, l'arco appare sotto la forma di un mezzo cerchio; e a misura che il Sole si eleva, l'asse della visione ch'è nel medesimo tempo quello del cono formato dai raggi efficaci, si abbassa di maniera che l'arco va diminuendo; finalmente l'arco interno scomparisce quando il sole trovasi a 42.° al di sopra dell'orizzonte; e l'arco esterno non cessa di essere visibile, che quando l'altezza del sole è di 54°; e sarà facile persuadersi che un osservatore situato in un punto eminente, stando il sole all'orizzonte, può vedere ancora un cerchio intero.

Della doppia refrazione, e della polarizzazione della luce.

43. I corpi cristallizzati la cui forma primitiva non è nè un cubo nè un ottaedro hanno la proprietà di dividere il raggio refratto in due parti ben distinte. Nei cristalli la di cui forma primitiva è un poliedro semiregolare come un romboide, un ottaedro isoscele a base quadrata, o un parallelepipedo rettangolare in cui due

lati sono uguali, una parte segue la legge ordinaria della refrazione semplice, e perciò è detto raggio ordinario, l' altra parte, che chiamasi raggio straordinario, segue un andamento molto più complicato. Nei cristalli poi la di cui forma primitiva è un poliedro irregolare i due raggi refratti subiscono sì l'uno che l' altrola refrazione straordinaria; di modocchè i cristalli nei quali si osserva la doppia refrazione possono dividersi in due classi.

Lo sviluppo di cotesto fenomeno ha esercitato la sagacità dei sapienti i più distinti alla testa dei quali bisogna mettere Huyghens e Newton. Il primo ne aveva scoperta la vera legge, ma fu rigettata senza esame, perchè si trovava legata al sistema ondulatorio. I travagli di Malus in Francia e di Wollaston in Inghilterra hanno fissato di nuovo l'attenzione dei fisici su questo fenomeno, e hanno dimostrato che la costruzione d'Huyghens n'era la rappresentazione fedele.

Se si taglia una faccia piana qualunque, in un cristallo dell' una o dell' altra classe, un raggio luminoso che vi cade perpedicolarmente si divide per lo più in due fasci; per un cristallo semi-regolare vi è una direzione particolare ed unica nella faccia piana, in cui il raggio incidente normale vi penetra senza dividersi; qualora pei cristalli di forma primitiva irregolare vi sono due direzioni nelle quali appare lo stesso. La direzione che segue nel cristallo dotato di doppia refrazione il raggio normale indiviso chiamasi asse di doppia refrazione; ed è perciò che i primi sono detti *cristalli ad un asse*, ed i secondi *cristalli a due assi*.

44. Nello spato d' Islanda il fenomeno della doppia refrazione è stato ravvisato per la prima volta, e lo pro-

duce con più energia. La sua forma primitiva è un parallelepipedo con sei facce romboidali, e due angoli triedri opposti, formati ciascuno da tre angoli ottusi uguali tra loro; l'asse di figura di questa forma primitiva è la linea che unisce i vertici dei due angoli solidi ottusi, e quest'asse è precisamente quello della doppia refrazione. In una massa regolarmente cristallizzata di spato d'Islanda si deve considerare ciascuno de'suoi punti atto a poter divenire l'apice di un rompoide simile alla forma primitiva, mediante sezioni parallele ai tre clivaggi; perciò tutte le rette paralle all'asse possono considerarsi come l'asse qualora si vuole studiare l'andamento della luce nella sua direzione o attorno di esso. Si chiama *sezione principale* del cristallo un piano parallelo al suo asse, e perpendicolare ad una faccia piana qualunque, per la quale penetra la luce.

45. Se si situa un romboide di spado d' Islanda di una certa grandezza sopra una carta, in cui è segnato un punto o una linea; e si fa girare il cristallo intorno ad una verticale che l' attraversa; guardando il segno sulla carta a traverso il cristallo si marcherà una sola posizione nella quale si vedrà una sola immagine, e questa sarà qualora l'occhio e il punto o la linea saranno nel piano della sezione principale; in tutt'altra posizione si avranno due immagini, l' immagine ordinaria resta immobile, e la straordinaria gira intorno l' ordinaria.

Allorchè si fà cadere un raggio di luce, immesso in una stanza oscura, su di una delle facce di un romboide di spato d'Islanda, si osservano due raggi emergenti dalla faccia opposta, paralleli al raggio incidente; il rag-

gio ordinario e costantemente nel piano d' incidenza, e lo straordinario lo è soltanto quando questo piano è parallelo all'asse.

46. Malus ha misurato la divergenza dei raggi con una via semplicissima, ch'è stata adottata da tutt' i fisici. Questa consiste nel tracciare sopra una riga di avorio un triangolo rettangolo ABC di cui il lato AB abbia con gli altri lati il rapporto indicato dalla (Fig. 26), e questi due lati BC ed AC sono divisi in parti uguali. Se si guarda il triangolo attraverso del romboide si vedrà doppio, e per ciascuna posizione il lato AC dell'immagine ordinaria è rotto in un certo punto I' dal lato B'C' dell' immagine straordinaria. Le divisioni segnate su i lati AC e BC faranno conoscere la disposizione del punto I', e prendendo su BC una quantità IC=I'C', si hanno due punti I ed I' tali che l'immagine straordinaria del primo si confonde con l'immagine ordinaria del secondo; e basta marcare sulla superficie superiore del romboide la posizione del punto dove si produce l' immagine simultanea dei due punti I ed I', e di prendere la grossezza del cristallo, per calcolare l'angolo compreso dai raggi ordinario e straordinario.

Le due prime sperienze ci hanno istruito che il raggio straordinario è rigettato verso un angolo; dimodochè sembra risedesse nell'asse del cristallo una forza repulsiva, la cui azione si esercita sopra quella parte del raggio incidente che forma il raggio straordinario. Assoggettiamo queste idee alla sperienza: tagliamo un romboide di spato d' Islanda con due piani perpendicolari all'asse AB, e separiamo le due piramidi triangolari (Fig. 27); un raggio incidente SI che cade per-

pendicolare all' una o all' altra delle due facce artificiali del cristallo non verrà affatto diviso. In effetti in questo caso, la forza repulsiva deve essere nulla sopra un raggio parallelo all'asse.

Se il raggio incidente SI è inclinato alla faccia artificiale la refrazione è doppia e l'angolo compreso tra il raggio ordinario ed il raggio straordinario è costante per una stessa inclinazione, qualunque sia il piano d'incidenza, il che non ha luogo per le facce perpendicolari all'asse. Questo risultato dimostra che la forza repulsiva agisce a partire dall' asse per tutt' i lati con la stessa energia.

47. Sia ancora un cristallo tagliato in forma di parallelepipedo (Fig. 28) di tal maniera che lo spicolo AA' sia parallelo all'asse del cristallo; quattro facce saranno parallele a questo asse, e due le saranno perpendicolari. Cadendo il raggio SI obliquamente sulle facce parallele all' asse ed in un piano perpendicolare al medesimo asse, allora de'due raggi che restano nel piano d'incidenza, la deviazione del raggio straordinario è meno di quella del raggio ordinario; e questo caso è quello in cui i due raggi si allontanano dippiù l'uno dall'altro. (1).

(1) L'osservazione ha dimostrato, che i raggi che attraversano un cristallo in direzione parallela al suo asse hanno la medesima velocità, e che le velocità di propagazione presentano la massima differenza quando i raggi sono perpendicolari all'asse. La velocità di propagazione dei raggi ordinari è la stessa in tutte le direzioni. Quella dei raggi straordinari varia al contrario con l'angolo che essi fanno coll'asse. Le sperienze di Huygens, di Wollaston e di Malus sullo spato d'Islanda, e quelle di Biot sul cristallo di rocca dimostrano che la differen-

Se nel medesimo piano perpendicolare all' asse si fa variare l'angolo d' incidenza, si trova che vi sarà tanto per i raggi straordinari come per gli ordinari un rapporto costante tra i seni degli angoli d'incidenza e di refrazione.

48. Per lungo tempo si è creduto che la proprietà di duplicare le immagini appartenesse esclusivamente allo spato d' Islanda : ma le ricerche moderne hanno fatto conoscere che siffatta proprietà trovasi in un gran numero di altre sostanze.

Si deve al Signor Biot una distinzione importante ed è ; che alcuni cristalli come lo spato d' Islanda, il fosfato di calce, il berillo, la tormalina ecc. hanno un asse repulsivo ; gli altri come il cristallo di rocca, il solfato di barite, il topazio, il solfato di calce ecc. hanno un asse attrattivo.

Il Signor Biot aveva annunziato molto tempo prima esservi due assi nella mica. I Signori Vollaston e Brewster hanno determinato i primi con esattezza le direzioni e le proprietà di questi due assi in molti cristalli, tagliandoli perpendicolarmente a questi assi. Questi due assi sono in generale inclinati ugualmente sulle facce corrispondenti di cristallizzazione, e l'angolo che essi fanno tra loro varia nella maggior parte de' cristalli per i raggi di diversi colori. Niuno per altro ha osservato i cristalli con tre assi.

---

za fra i quadrati della velocità di propagazione dei raggi ordinari e straordinari è proporzionale ai quadrati dei seni degli angoli che le direzioni di questi fanno con l'asse (nella ipotesi dell' emissione), o all' unità divisa pel medesimo quadrato (nella ipotesi delle ondulazioni).

49. Il fenomeno della doppia refrazione è stato utilizzato in uno strumento chiamato micrometro a doppia immagine, o lunetta di Rochon, che n'è l'inventore; mediante questo strumento si può, dalla misura esatta di piccolissimi angoli, determinare la distanza di un oggetto di cui si conosce la grandezza, o inversamente. La parte principale di quest'apparecchio consiste in due prismi di cristallo di rocca incollati l'uno sull'altro in modo che il loro insieme presenta delle facce parallele; questo è situato in un cannocchiale astronomico tra l'oggettiva e l'immagine reale, la quale è duplicata per questa interposizione. Questo strumento è stato modificato dal signor Arago, avendo situato i due prismi tra l'oculare e l'occhio.

50. *Polarizzazione della luce.* La luce modificata dalla reflessione sotto un' incidenza particolare, o dalla refrazione traversando un romboide di spato d'Islanda, può acquistare proprietà particolari che la distinguono dalla luce che viene direttamente dai corpi luminosi. La luce così modificata dicesi luce *polarizzata*; e lo studio dei fenomeni che presenta può menare a scoverte importantissime.

51. Allorchè un raggio solare penetra in un cristallo bi-refringente e a facce parallele, i due raggi refratti sono di uguale intensità; or se i due raggi che emergono da questo primo cristallo si fanno imbattere su di un altro cristallo bi-refringente, ciascuno di essi si divide in due altri; vale a dire che si ottengono quattro raggi emergenti dal secondo cristallo, i quali presentano in generale intensità differenti; cosicchè se si guarda un oggetto a traverso i due cristalli, in generale si osserva-

no quattro immagini ; e soltanto in quattro posizioni, e positivamente quando le due sezioni principali sono paralleli o perpendicolari tra esse, si hanno due immagini solamente.

Poste le due sezioni principali parallele l'immagine ordinaria o straordinaria date dal primo cristallo danno immagine ordinaria o straordinaria nel sortire dal secondo cristallo; scostando dal parallelismo le due sezioni principali le quattro immagini compariscono ; l'intensità della luce in esse è differente , e soltanto si manifesta di uguale intensità in tutte quattro allorchè le sezioni principali formano tra di loro un angolo di 45°; ed allorchè l'angolo delle due sezioni principali è retto l'immagine ordinaria o straordinaria che si hanno dal primo cristallo s'invertono nel secondo cristallo, l'immagine ordinaria dà l'immagine straordinaria nel secondo cristallo, e la straordinaria l'ordinaria. Questi fenomeni sono li stessi allorchè i due cristalli bi-refringenti sono di sostanze differenti, sì ad uno che a due assi. Cosicchè la luce dopo aver attraversato un cristallo bi-refringente si trova aver acquistata delle proprietà nuove che la fan distinguere dalla luce naturale; se dopo aver provata la refrazione ordinaria in un primo cristallo si fa cadere su di un secondo, essa si divide in due fasci d'ineguale intensità, o pure si refrange in un solo fascio ordinario o straordinario, qualora la sezione principale del secondo cristallo è parallela o perpendicolare a quella del primo; la luce che ha provata la refrazione straordinaria in un primo cristallo si divide in due fasci d'ineguale intensità allorchè penetra nel secondo cristallo , ovvero non subisce che una sola refrazione straor-

dinaria o ordinaria allorchè le sezioni principali sono paralleli o perpendicolari tra loro.

52. La luce può acquistare queste proprietà dietro una semplice riflessione su dei corpi puliti, sotto certe incidenze: per esempio se si fà cadere un raggio luminoso su di una lamina di vetro pulita formando un angolo di 35°25′ con la superficie, badando di annerire la seconda superficie della lamina per evitare la seconda reflessione, la luce reflessa ricevuta perpendicolarmente su di un cristallo di spato d' Islanda produce gli stessi fenomeni della luce refratta ordinariamente in un cristallo, la di cui sezione principale fosse parallela al piano di reflessione. Di fatti, o il raggio reflesso produce generalmente due fasci d'ineguale intensità penetrando perpendicolarmente nello spato d'Islanda, o non subisce che una sola refrazione ordinaria o straordinaria, ed è quando la sezione principale del cristallo è parallela o perpendicolare al piano di reflessione; o finalmente i due raggi refratti non hanno la medesima intensità, ed è allorchè la sezione principale fà un angolo di 45° col piano di reflessione.

Nel sistema di emissione si ammette che le molecole luminose hanno due poli o centri di azione, analoghi ai poli delle calamite, e che la reflessione sul vetro sotto l' angolo di 35°25′ fa girare tutte le molecole luminose del raggio reflesso secondo una stessa direzione, in modo che l' asse di ciascuno di esse, ovvero la linea che unisce i poli sia parallela al piano di reflessione. Da questa ipotesi sono nate molte denominazioni; la luce che ha acquistata le proprietà enunciate nell' articolo precedente dicesi *polarizzata*, e *piano di polariz-*

zazione quello della reflessione, che da alla luce le anzidette proprietà; ovvero nella ipotesi di emissione il piano parallelo agli assi delle molecole luminose, e si dice allora che la luce è polarizzata secondo questo piano; cosicchè il raggio ordinario nello spato d' Islanda è polarizzato secondo il piano della sezione principale, ed il raggio straordinario lo è secondo un piano perpendicolare a questa medesima sezione.

53. Allorchè si riceve un raggio polarizzato, reflesso da una lamina di vetro sotto l' angolo di 35°25', su di un secondo specchio formando con questo lo stesso angolo, si possono marcare grandi variazioni d' intensità nel fascio doppiamente reflesso: Di fatti se si fà girare il secondo specchio attorno al raggio polarizzato senza cangiar l'angolo ch' essi fanno, si osserva che la luce doppiamente reflessa varia continuamente d' intensità; giunge alla sua massima intensità quando il secondo piano di reflessione e parallelo al primo; e non si ha al contrario alcuna luce reflessa, allorchè i due piani di reflessione sono perpendicolari tra essi; vale a dire che in quest' ultimo caso la luce polarizzata penetra nel secondo cristallo

Per quest' esperienza è opportuno un tubo metallico annerito internamente, e sostenuto da una colonna verticale in modo da potersi disporre con quella inclinazione che si vuole (Fig. 29); alle estremità del tubo sono incastrati due tamburi, ciascuno de'quali ha due asticine metalliche parallele all'asse del tubo, e diametralmente opposte; e ciascuna coppia di dette asticine sostiene una lastra di vetro posta in un anello metallico, che può girare su due pernii; questi movimenti sono misurati su

lembi lateralmente posti; come pure il movimento di rotazione di ciascun tamburo è misurato per mezzo di divisioni segnate sul tubo principale. Un diaframma situato nell' interno del tubo limita l' estensione del fascio, che deve essere polarizzato per reflessione sopra di una delle lamine, acciò non contenga nel cadere sulla seconda lamina, che i raggi primitivamente reflessi sotto angoli poco differenti gli uni dagli altri. Allorchè si vogliono verificare le variazioni d'intensità di un fascio luminoso polarizzato e doppiamente reflesso, si dispongono le lamine di vetro in posizioni tali da fare con l'asse del tubo lo stesso angolo di 35,°25'. L'apparecchio essendo situato innanzi ad una finistra, s'inclina il tubo sulla colonna che li serve di sostegno, in modo che una delle lamine reflette secondo l'asse di questo tubo la luce emessa da una nuvola, essendo il cielo bastantemente chiaro; facendo girare lentamete il tamburo che porta la seconda lamina, se con l'occhio si segue l'immagine reflessa vi si ravvisano le variazioni d'intensità enunciate di sopra. Quest' esperimento riesce più commodo adattando all'apparecchio una lastra di vetro spulita, mediante un asta disposta convenientemente sul tamburo della seconda lamina, la lastra spulita seguendo il movimento dello stesso tamburo riceve sempre il fascio doppiamente reflesso; qualora la stanza è sufficientemente oscurata, si osserva sulla lastra spolita una traccia luminosa che subisce le variazioni d'intensità enunciate. Se la luce incidente viene direttamente dal sole o da una candela queste variazioni sono più sensibili; ma la viva intensità di questa luce aumenta l' influenza dei raggi obliqui sull' asse del tubo, e l' im-

magine ricevuta sulla lastra spolita non dispare completamente quando i due piani di riflessione sono perpendicolari, ma diviene molto debbole.

Si può togliere dall' apparecchio convenientemente disposto il tamburo superiore, e ricevere direttamente il fascio polarizzato su di un romboide di spato d' Islanda per osservare le variazioni d'intensità dei due raggi refratti; si riconosce facilmente che non esite che un solo fascio emergente, proveniente dal raggio ordinario o straordinario, allorchè la sezione principale del romboide è parallela o perpendicolare al piano di polarizzazione del raggio incidente.

54. Supponiamo che il cristallo sia fissato in modo che la sua sezione principale resta parallela al piano di riflessione sulla lamina di vetro, l'occhio situato dietro del cristallo non vedrà che una sola immage; ma se in questa circostanza si cambia l'inclinazione della lamina di vetro sull' asse del tubo, modificando l'inclinazione del tubo principale acciò la luce reflessa traversa sempre il diaframma, la seconda immagine ricomparisce, ed aumenta d'intensità a misura che l'incidenza si allontana da 35°,25′ in un senso o nell'altro. Da quest'esperienza si conchiude, che la luce naturale reflessa da una lamina di vetro non si polarizza completamente che sotto l'incidenza di 35°,25′; e che il fascio reflesso sotto qualunque altra incidenza contiene una porzione di luce naturale, tanto maggiore a proporzione che questa incidenza si allontana di più, si in un senso che nell'altro, dall' angolo di polarizzazione totale.

Se nell' esperimento precedente si sostituisce alla lamina di vetro una lamina di altra sostanza ben polita,

e si fa variare della stessa maniera l' inclinazione sull'asse del tubo; guardando attraverso del cristallo birefringente, posto nella posizione su indicata, si vedranno due immagini d' ineguale intensità, delle quali la più viva è sempre quella che corrisponde al fascio refratto ordinariamente; ma esiste in generale una certa incidenza, la quale varia con la natura della lamina, in cui l'immagine straordinaria dispare, o almeno è d'intensità picciolissima in rapporto all'altra immagine; di modo che si può dire; che qualunque fascio luminoso che ha subito una reflessione regolare sulla superficie di un mezzo ponderabile, contiene una porzione di luce polarizzata secondo il piano di questa reflessione. Si chiama angolo di polarizzazione di una sostanza l' angolo che deve fare un raggio luminoso incidente con una superficie piana e polita della detta sostanza, acciò il raggio reflesso sia polarizzato il più completamente possibile; ed i signori Arago e Biot hanno determinato i valori di questi angoli, per un numero significante di corpi solidi e liquidi, con differenti processi.

Da ripetute esperienze si ha che la luce non viene completamente polarizzata per reflessione sotto qualunque incidenza; vale a dire che l'immagine straordinaria non scomparisce perfettamente; ma l' indebbolimento di questa immagine si accresce a proporzione che l'incidenza si approssima a quella che corrisponde all'angolo di polarizzazione; per il vetro la luce reflessa sotto l'angolo di 35°,25' è quasi totalmente polarizzata, e si ha una polarizzazione anche più completa per la reflessione su di una lamina polita di *ossidiana*, sotto l'angolo di polarizzazione di 33°,30'.

55. La luce naturale che cade su di una lastra di vetro a facce parallele sotto l'angolo di polarizzazione, in parte è reflessa, ed altra parte traversa la lamina refrangendosi. Malus, che ha scoverto il fenomeno della polarizzazione, ha conosciuto il primo che la luce refratta attraverso la lamina, è polarizzata in parte seguendo un piano perpendicolare al piano di reflessione; ce ne possiamo assicurare facendo imbattere il raggio emergente su di un romboide di spato d'Islanda, le due immagini sono d'ineguale intensità; l'immagine ordinaria è al minimo d'intensità, e la straordinaria è al massimo grado di splendore, allorchè la sezione principale del cristallo è parallela al piano di reflessione; ha luogo l'inverso, allorchè la sezione principale del cristallo è perpendicolare al piano di reflessione. Si può verificare lo stesso, ricevendo il raggio emergente su di un altro specchio sotto l'angolo di polarizzazione, facendo girare questo specchio senza alterare quest' angolo, si osserva che esso reflette il minimo di luce allorchè il suo piano di reflessione è parallelo al primo, ed il massimo di luce quando li è perpendicolare. Il signor Arago ha fatto conoscere che la porzione di luce polarizzata nel raggio refratto è sempre uguale in intensità alla luce polarizzata del raggio reflesso; in modo che per effetto della reflessione una porzione della luce è polarizzata secondo due piani, uno di essi è parallelo e l'altro perpendicolare al piano di reflessione; la luce polarizzata nel primo senso si reflette, e nell'altro si refrange. La porzione di luce refratta a traverso di una lamina di vetro sotto l'angolo di polarizzazione non emerge in totalità, ma una porzione n' è reflessa dalla seconda superficie;

il signor Malus ha fatto conoscere che questa nuova porzione è polarizzata nel medesimo senso che la luce reflessa; facendola sortire perpendicolarmente ad una faccia tagliata a bietta nella lamina, ed analizzandola per mezzo di un cristallo bi-refringente, o mediante un altro specchio (Fig. 30).

56. Questi fatti diversi indicano un mezzo semplice onde ottenere da un seguito di refrazioni un fascio luminoso completamente polarizzato; disponendo diverse lamine di vetro parallele tra loro, ed esposte sotto l'angolo di polarizzazione ad un fascio di luce naturale (Fig. 31); nell'imbattersi sulla prima lamina, una porzione del fascio si riflette polarizzata secondo il piano d'incidenza, altra porzione uguale si refrange polarizzata secondo un piano perpendicolare al precedente, oltre a ciò passa refratta una porzione di luce naturale. Nella superficie della seconda lamina tutta la luce polarizzata trasmessa si refrange, e nel medesimo tempo la porzione di luce naturale si divide in luce reflessa polarizzata secondo il piano d' incidenza, ed in luce refratta polarizzata in un senso perpendicolare al precedente, e così di seguito; talmentecchè la quantità di luce polarizzata perpendicolarmente al piano d' incidenza deve aumentare progressivamente, e nel tempo stesso la luce naturale deve diminuire a proporzione che cresce il numero delle lamine di vetro. L'esperienza conferma questa conseguenza, osservandosi che la luce refratta dopo aver attraversato molte lamine di vetro sotto l' angolo di polarizzazione trovasi completamente polarizzata secondo un piano perpendicolare al piano d' incidenza; il che da spiegazione, che se un numero sufficiente di

cristalli sopraposti si assoggettano sotto l' angolo di polarizzazione, ad un fascio luminoso polarizzato, lasciano attraversare questo fascio con tutto il suo splendore, e si ha in esse una grandissima trasparenza allorchè il piano d'incidenza è perpendicolare al piano di polarizzazione del fascio incidente, e qualora questi piani sono paralleli non si ha la minima trasmissione di luce, mostrandosi perfettamente opachi; or dunque la proprietà che gode una colonna di lamine di cristallo di polarizzare completamente la luce che l'attraversa non è limitata al caso dell'angolo di polarizzazione, ma ha luogo per tutte le altre incidenze; dapoicchè si ha sempre una porzione di luce polarizzata, purchè però s' impiegano un numero di lamine significante.

57. Questo fenomeno di polarizzazione completa per refrazione, o di assorbimento della luce polarizzata secondo il piano d'incidenza, si osserva in certi cristalli, che per questa ragione si credono formati di lamine soprapposte e poco aderenti; la luce che li traversa n' emerge totalmente polarizzata perpendicolarmente al piano d'incidenza; in maniera che se questa sostanza è dotata di doppia refrazione, e risulta da lamine bastantemente spesse non si ha che un raggio emergente refratto straordinariamente; il che ha luogo nella tormalina: di fatti se si guarda un oggetto minuto a traverso di un prisma di questa sostanza, i di cui spicoli sono paralleli all'asse di doppia refrazione, l'occhio posto in prossimità dell'angolo dietro refringente vedrà due immagini; ma a misura che l'occhio si avvicina alla base del prisma l'immagine ordinaria s'indebbolisce, e finalmente disparc.

Da questi fatti curiosi risulta un mezzo semplice e spesso usato per riconoscere secondo qual senso un raggio è polarizzato; ricevendolo su di una lamina di tormalina di sufficiente spessezza, parallelamente all' asse, la quale si fa girare; se il fascio incidente è totalmente polarizzato, si trova una posizione particolare nella quale niuna porzione di luce è trasmessa attraverso la lamina, ed è qualora l'asse della tormalina trovasi parallelo al piano di polarizzazione cercato; allorchè poi la luce incidente non è che in parte polarizzata, in nessuna delle posizioni la immagine guardata a traverso la lamina di tormalina dispare completamente, ma raggiunge soltanto il minimo d'intensità; e qualora la luce è naturale questa immagine unica conserva una chiarezza costante.

La legge della refrazione è imperfetta allorchè la luce penetra nei cristalli bi-refringenti; il fatto della reflessione divien complicato trattandosi di luce polarizzata, poichè in talune circostanze, questa specie di luce scappa alla reflessione e si refrange in totalità; e finalmente vi sono dei fenomeni in cui la luce sembra propagarsi in linea curva; cosicchè i tre principii che servono di base all'ottica geometrica non possono essere adottati in un modo assoluto. La teorica dell' emissione si mostra insufficiente nel dar conto di queste eccezioni, non ostante le ipotesi sussidiarie, che i loro partigiani hanno messo fuori a proporzione dei nuovi fenomeni che dovevano spiegare; al contrario queste eccezioni sono delle conseguenze naturali dei principii fondamentali della teorica delle ondulazioni.

Della diffrazione, e Teorica delle interferenze.

58. L'insieme delle modificazioni che la luce prova nel suo passaggio radente le estremità de' corpi, dicesi *diffrazione della luce*. Questa fu osservata per la prima volta e studiata con senno da Grimaldi.

Se si esaminano le ombre prodotte dai corpi opachi, non si osserva una linea che segna la separazione tra la luce e l'ombra, ma tre frange colorite discernibilissime, di larghezze ineguali, che vanno progressivamente minorando; se il corpo interposto tra la luce e l'ombra è molto stretto, come un filo di ferro fino, si osservano altre frange nella sua ombra; dimodochè questa pare divisa in bande oscure, ed in bande più chiare situate a distanze uguali l'una dall'altra. Queste ultime sono dette frange interne, e le prime frange esterne.

59. Per sperimentare la produzione delle frange, fate immettere in una stanza resa oscura un fascio di luce solare per uno stretto buco, del diametro non maggiore di un diecimillimetro, praticato in una leggiera lamina metallica; e fate che uno specchio piano rifletta questo fascio luminoso in direzione orizzontale. Situate alla distanza di circa tre palmi un filo di ferro di un millimetro di diametro; se raccogliete sopra un cartone posto a 9 palmi distante dal buco, e per conseguenza a 6 palmi dal filo di ferro, essendo il buco infinitamente piccolo, l'ombra prodotta dal filo sarà di tre millimetri di larghezza (Fig. 32). Ma in questa sperienza la larghezza del diametro del buco diminuisce l'ombra pura; e poichè il diametro di questo buco

è di un diecimillimetro, i raggi partiti dal centro sono lontani dai raggi spiccati dagli orli di un ventimillimetro; e siccome la distanza del cartone dal filo di ferro è doppia della distanza del filo di ferro dal punto luminoso, l'ombra pura sarà di un decimillimetro da ciascun lato. Questo spazio dovrebbe essere perfettamente privo di luce, se i raggi non provassero alcuna inflessione nell' interno; ma osservato attentamente si vedono nell'ombra pura quattro bande leggiermente luminose.

60. Questo fenomeno, dovuto ad una inflessione che soffrono i raggi luminosi allorchè incontrano un ostacolo al loro libero passaggio, è stato dimostrato diversamente. Newton, nel suo trattato di ottica (lib. 3.) non nega le frange esterne, che considera prodotte da un' azione attrattiva e repulsiva che soffrono i raggi luminosi nel radere le estremità dei corpi; e non ammette le frange interne. Per convalidare questa supposizione esso inventò l'ingegnosa teorica delle accessioni, nella quale supponeva le molecole luminose predisposte, dal momento della loro partenza, ad essere trasmesse o reflesse, attirate o respinte; ma è impossibile intendere queste azioni tanto diverse, e dippiù lo sperimento del signor Fresnel dimostra che le bande difratte hanno lo stesso splendore, e la stessa estenzione sì dalla parte del dorso, che dal taglio di un rasojo da barba; or se fosse come diceva Newton, le bande diffratte in questo sperimento dovrebbero aumentare o minorare in ragione della massa, e della natura del corpo interposto. Questo sperimento dimostra la non influenza delle masse; e gli sperimenti eseguiti dai signori Malus e Bertholet pro-

vano la somiglianza nei fenomeni della diffrazione prodotta da materie di diversa natura.

I partigiani del sistema delle ondulazioni, fan dipendere le frange interne dal concorso di due fasci luminosi che passano radendo i lati del corpo stretto, e propriamente dall' influenza scambievole di questi fasci, che s' inflettono nell' ombra del corpo; dappoichè intercettando uno di questi fasci le frange interne dispajono completamentè. Nell'ipotesi della emissione ciascun fascio producendo nell'interno dell'ombra una luce continua, la riunione dei due fasci dovrebbe produrla ugualmente non ostante la loro mescolanza. Si può parimente sperimentare l' influenza simultanea dei raggi luminosi facendo passare la luce prodotta da un punto raggiante qualunque per due buchi vicinissimi; si osservano allora nella parte intermedia alcune linee oscure e brillanti, risultanti dall' azione scambievole di questi due fasci; e queste scompariscono quando si chiude uno dei buchi.

61. Il Dottor Joung a cui sono dovuti gli anzidetti sperimenti ha dichiarata la produzione delle frange esterne come prodotte dall'interferenza dei raggi diretti e dei raggi reflessi dai bordi. Ma l' esperimento del rasojo, rapportato dianzi, si oppone a questa dimostrazione; poichè se il fatto fosse a seconda dell'idea di Joung, il dorso del rasojo riflettendo maggior quantità di luce del taglio, dovrebbe parimente produrre nelle france una estensione maggiore; il che non accade.

Il Signor Fresnel dimostra queste frange, considerando ciascun punto delle onde luminose incidenti come centro d' ondulazione; dal che si può facilmente con-

prendere che l' oscurità, vale a dire la cessazione del movimento, può esser prodotto dalla coincidenza di due onde nel medesimo luogo, purchè queste s'incontrano in direzioni opposte; e questo principio è convalidato dalla teorica delle interferenze.

62. *Teorica delle interferenze.* La influenza scambievole dei raggi luminosi fu osservata per la prima volta da Grimaldi, ma il Dottor Joung fu il primo a scoprire che in taluni casi la luce aggiunta alla luce produce oscurità; facendoci conoscere la legge di questo fenomeno singolare, al quale diede il nome di fenomeno delle interferenze.

La legge è la seguente: quando due raggi che partono dallo stesso corpo luminoso s'incontrano in direzioni poco inclinate tra esse, si distruggono scambievolmente se la differenza fra le lunghezze dei cammini che hanno percorso contiene un numero dispari di volte la lunghezza di una semiondulazione; quando poi la differenza di cammino è nulla, o contiene un numero pari di volte la lunghezza di una semi-ondulazione i due raggi si rinforzano, e la luce che ne risulta è nella massima sua intensità.

63. Circa la produzione dell'oscurità per l'addizione di due raggi luminosi n'è facile la dimostrazione nella ipotesi delle ondulazioni; ma non è lo stesso per l' ipotesi della emissione, anzi ne costituisce una delle più forti objezioni.

Le interferenze delle onde luminose possono paragonarsi a ciò che succede sulla superficie delle acque tranquille, quando ricevono in due o più punti alcune spinte da una cagione qualunque; in tal caso si osservano

taluni punti di ricontro delle onde che si urtano, in cui le molecole del liquido restano immobili perchè animate da forze uguali, ed altri in cui il livello si abbassa e si eleva alternativamente, producendosi il massimo accrescimento nel movimento per la cospirazione delle forze; negli altri punti poi l'andamento ondulatorio è più o meno energico, secondocchè sono più prossimi al punto di opposizione perfetta, o di cospirazione assoluta.

La propagazione delle onde in un fluido elastico differisce da ciò che si ha in un liquido; dacchè nel primo si effettuisce per l'elasticità del fluido, e nel secondo per la gravità del liquido; pur non per tanto i risultati prodotti dalla interferenza hanno molta analogia.

64. Consideriamo in un modo generale due sistemi di onde, o due raggi di una luce omogenea, che agiscono nel medesimo tempo sopra una stessa molecola di etere, e che seguono la stessa direzione di propagazione, o due direzioni che formano un angolo piccolissimo. Supponiamo che questi due sistemi della stessa lunghezza di ondulazione sieno in ritardo l'uno sull'altro di un certo numero intero o frazionario d'ondulazioni; sieno essi emanati dal medesimo centro di scuotimento, e che abbiano avuto origine in due tempi differeni; sia che partiti nel medesimo istante ed abbiano percorso cammini differenti prima di giungere al punto stabilito.

Se il ritardo è di un numero pari di semi-ondulazioni, essi tenderanno ad imprimere in ciascun istante alle molecole fluide le velocità di vibrazioni uguali e nella stessa direzione, e l'effetto della loro azione sarà quella di aumentare la intensità della luce; ma se il ritardo è di un numero dispari di semi-ondulazioni, i due sistemi

di onde imprimono nello stesso momento alla molecola di etere velocità uguali, ma che agiscono in senso opposto, il risultato della loro azione sarà il riposo della molecola, e l'effetto della loro azione produrrà l'oscurità.

65. Fresnel ha immaginato l'esperimento seguente per verificare il fenomeno delle interferenze. Si fanno passare i raggi solari attraverso una lente sferica di un cortissimo fuoco, adattata in un buco praticato alla chiusura di una camera oscura, di maniera che si concentrano nel suo fuoco in uno spazio limitatissimo, che si considera come la sorgente dei raggi luminosi; e per avere una luce omogenea, si situa avanti la lente al di là del suo fuoco una lastricina di vetro colorata a facce parallele, che supponiamo esser di color rosso, la quale non lascia passare che la luce rossa sensibilmente omogenea. I raggi divergenti che partono dal fuoco della lente si fanno imbattere su due specchi piani metallici leggiermente inclinati tra loro, dimodochè i raggi da essi reflessi s'intersegano nello spazio, formando angoli molto acuti.

Sieno DE e DE' (Fig. 33) le sezioni di due specchi leggiermente inclinati tra loro, ed L la sorgente luminosa. I raggi reflessi dai due specchi sembreranno partiti da due punti I ed I' simmetrici di L per rapporto alla loro superficie; si meni per O punto medio di II' la perpendicolare OME a questa retta; situato in E un parafuoco KEK perpendicolare ad OME; ecco i fenomeni che dovrà presentare la luce ricevuta sul parafuoco dopo il principio d'interferenza.

Le onde che propagano i due raggi reflessi GE e G'E giungono in E dopo aver percorsi i cammini uguali

SGE ed SG′E a partire dalla sorgente ; essi imprimeranno all'etere in tutti gl'istanti velocità di vibrazioni uguali, e con gli stessi segni, le quali daranno una velocità di vibrazioni risultante quasi uguale alla loro somma, attesa la picciolezza dell'angolo IEI′; e perciò il punto E sarà doppiamente illuminato.

In un altro punto qualunque P del parafuoco le onde reflesse essendo in ritardo l'una sull'altra di una distanza PI′ — PI=p; se questa distanza p è uguale ad una semiondulazione della luce omogenea impiegata, le molecole dell'etere in P saranno in ciascun istante sollecitate ad acquistare velocità uguali, quasi direttamente opposte ; perciò la loro velocità risultante sarà presso a poco nulla, e si dovrà avere in P la minima intensità di luce ; val quanto dire il punto P sembrerà nero paragonato al punto brillante E. Se poi la differenza p è uguale ad una ondulazione intera vi sarà accordo fra le vibrazioni apportate dalle due onde reflesse, poichè una sarà in ritardo sull'altra di una ondulazione intera o di due semi-ondulazioni, e il punto P sarà dunque brillante ; e così di seguito. Da un punto brillante al punto oscuro che l'è vicino, i due sistemi di vibrazioni apportati dalle due onde reflesse, passano dolcemente dalla concordanza alla discordanza ; di maniera che la intensità della luce anderà progressivamente decrescendo sul parafuoco da una parte e dall'altra, dal punto E fino al punto oscuro vicino, per aumentare al di là ; diminuire in seguito, e formare così successivamente le bande oscure e le brillanti.

Le osservazioni menano a'risultati conformi a queste conseguenze dedotte dalla teorica delle ondulazioni. Im-

piegando come abbiamo supposto la luce rossa sensibilmente omogenea, si veggono sul parafuoco le bande o frange rosse brillanti alternare con le bande oscure o quasi nere, poste ad uguali distanze l' una dall' altra, e parallele tra loro; in questa sperienza si osservano fino a 20 o 30 frange distinte, in cui la vivacità della luce va diminuendo a partire dal centro E ove si trova il rosso più vivo. Quest' ultimo decrescimento fa pensare, che quantunque fosse omogenea la luce impiegata, non sarà mai sufficiente perchè possa riguardarsi come composta da un solo sistema di onde luminose della medesima lunghezza di ondulazioni; ma in realtà essa è composta di un gran numero di onde di differenti lunghezze di ondulazioni, che soprappongono i loro effetti sul parafuoco; dimodochè la larghezza delle frange, non essendo la stessa per questi sistemi di onde, deve succedere che in un punto P del parafuoco, pel quale p è uguale ad un numero sufficiente di ondulazioni di ciascuna specie, le bande oscure di molti sistemi di onde si soprapporranno alle bande brillanti di altri sistemi, producendo differenze meno grandi fra le intensità della luce delle due bande brillanti e oscure consecutive; e più lontano una luce uniforme.

65. Se si ripete la sperienza precedente sopra un'altra luce diversa dalla luce rossa si osservano ancora sul parafuoco le bande alternativamente brillanti ed oscure, ma la larghezza delle frange sarà differente per ciascun colore. Finalmente se l' esperimento si esegue sulla luce naturale del sole, si vedrà sul parafuoco una serie di bande provenienti dalla soprapposizione di tutti i gruppi di frange, formata ciascuna da uno dei colori:

la banda centrale sarà bianca, e si osserverà qualche banda brillante o oscura sì a dritta che a sinistra, più lungi le bande iridate, e più lungi ancora una luce uniforme. Le considerazioni esposte bastano per dar conto di questo fenomeno composto. In tutt'i casi le frange dispajono compiutamente, se s'intercetta uno dei fasci reflessi prima che arrivi sul parafuoco; il che prova la necessità del concorso dei due fasci per la formazione delle frange. Una condizione essenziale per la riuscita dell'esperienza dei due specchi si è, di non farle sporgere in fuori per poco l'uno sull'altro nella linea del contatto; perciò è opportuno fissarli con la cera su di un sostegno nella direzione di questa linea, e spingere più o meno l'uno o l'altro, fino a far nascere le frange nello spazio rischiarato dai due fasci reflessi.

Per aversi il fenomeno della interferenza bisogna che i raggi luminosi provenghino dalla stessa sorgente; non potendosi ottenere alcuna apparenza di frange qualora i raggi hanno origine da due sorgenti differenti; dapoichè un corpo luminoso non può produrre per lungo tempo vibrazioni isocrone; dando luogo facilmente, nella successione di queste vibrazioni, a varie irregolarità. Ciò non impedisce che i raggi partiti dalla stessa sorgente subissero la interferenza, perchè i sistemi di onde che propagano sono soggetti alle stesse perturbazioni.

66. Riprendiamo l'esperimento de' due specchi, sopra una luce omogenea. I due punti I ed I' possono riguardarsi come due sorgenti identiche sostituite alla sorgente conica S, e le onde reflesse sono superficie sferiche alle quali possono assegnarsi questi punti per centri; perciò per rappresentare i due sistemi di onde

reflesse si descrivono con i centri I ed I' gli archi di cerchi discosti l'uno dall'altro da intervalli costanti, ciascuno uguale ad una semiondulazione; e per distinguere i differenti movimenti, gli archi marcati da linee piene indicano le onde eteree che hanno subìto un numero pari di semi-ondulazioni, e quei marcati con linee punteggiate indicano le onde che hanno subìto un numero dispari di semi-ondulazioni. Dal che segue, che nei punti d'intersezione di due linee della medesima specie si ha accordo perfetto, e perciò è il mezzo delle strisce brillanti; e nei punti d'intersezione delle linee di specie diverse si ha discordanza perfetta, ed è il mezzo delle bande oscure. Le intersezioni degli archi della stessa specie sono unite da linee punteggiante che indicano il mezzo delle strisce brillanti, e le intersezioni corrispondenti agli archi di specie contrarie sono unite da linee piene, e indicano il mezzo delle strisce oscure.

Da ragionamenti geometrici si può riconoscere che la larghezza delle frange è in ragione inversa della grandezza dell'angolo prodotto dai due fasci che producono il fenomeno dell'interferenza; ovvero la larghezza delle frange si accresce a proporzione che i due punti I ed I' sono più ravvicinati tra loro e più distanti dal punto d'interferenza; e che l'intervallo tra il mezzo delle bande oscure e delle bande brillanti consecutive, è uguale alla lunghezza di una ondulazione divisa pel seno dell'angolo prodotto dalla intersezione de' raggi.

67. In una infinità di circostanze si osservano frange come nella sperienza dei due specchi immaginati da Fresnel, le quali sono sempre iridate nella luce bianca, ed alternativamente brillanti e oscure nella luce omoge-

nea, e tutte hanno il loro sviluppo mediante il principio d'interferenza; perciò oltre a quello conosciuto col nome di diffrazione di cui abbiamo parlato, diremo ora qualche cosa sul fenomeno degli anelli colorati.

68. L'apparecchio per produrre questo fenomeno consiste in una lente piano-convessa, la cui superficie convessa fa parte di una sfera di gran raggio (Fig. 34); questa lente si comprime con la parte convessa contro la superficie di un cristallo a facce parallele; se si fa imbattere nel sito del contatto un raggio luminoso di un sol colore, che supporremo di color rosso, l'occhio situato in circostanza atta a ricevere i raggi reflessi, vedrà una macchia nera nel punto del contatto C della lente col cristallo, e questa macchia nera è circondata da un anello rosso; questo da un secondo anello nero, questo da un terzo anello rosso, e così di seguito. Se l'occhio è situato in modo da ricevere i raggi trasmessi per l'intermezzo dei cristalli, vedrà una macchia rossa nel punto del contatto C, e questa circondata da un anello oscuro, indi un anello rosso, un'altro oscuro ecc; questi ultimi anelli sono però di vivacità inferiore ai primi.

È difficile misurare direttamente la spessezza variabile degli strati gassosi compresi tra i vetri nei siti dei differenti anelli oscuri o colorati; ma misurando i diametri dei diversi anelli e conoscendosi il raggio della superficie sferica della lente, si ha dal calcolo che le grossezze degli strati aerei interposti sono tra essi come i quadrati dei diametri degli anelli corrispondenti.

Newton mediante un compasso misurò i diametri corrispondenti al mezzo degli anelli brillanti veduti per

reflessione, e trovò che i loro quadrati erano come i numeri 1, 3, 5, 7, 9. . . . . . ; e quelli corrispondenti al mezzo degli anelli oscuri come i numeri 0, 2, 4, 6, 8.... Parimente misurò i diametri degli anelli veduti per trasmissione, e riconobbe che i quadrati di quei al mezzo degli anelli colorati erano come i numeri 0, 2, 4, 6, 8. . . . . . . e che i quadrati di quei nel mezzo degli anelli oscuri erano come i numeri 1, 3, 5, 7, 9. . . . ; e che le grossezze degli strati aerei nei siti di questi diversi anelli erano nei medesimi rapporti ; e distinse benanche questi stessi rapporti tanto se si faceva agire sull' apparecchio una luce omogenea diversa dalla luce rossa, quanto se si interponeva tra il cristallo e la lente un' altra sostanza trasparente diversa dall' aria , come l' acqua ; ma che il valore assoluto della grossezza della lamina interposta, corrispondente ad un anello oscuro o brillante dello stesso ordine, era espresso da un numero differente per ciascun colore , e per ciascuna sostanza.

Attraverso di una medesima sostanza, gli anelli sono più grandi per la luce rossa di quelli che lo sono per la luce violetta; e per uno stesso colore le spessezze delle lamine di aria e di acqua, corrispondenti ad un'anello oscuro o brillante dello stesso ordine, sono tra essi come i seni degli angoli d'incidenza e di refrazione, che si hanno nel passaggio della luce dall' aria nell' acqua.

69. Se in vece della luce omogenea o di un sol colore si facesse imbattere sull' apparecchio un fascio di luce bianca si osserverebbero gli anelli iridati, che giusta le osservazioni di Newton sono dovuti alla soprapposizione di una serie di anelli, corrispondenti ai colori dello spettro solare. Da ultimo in tutt'i casi; quando il rag-

gio incidente cade più obliquamente sull' apparecchio si osservano gli anelli più larghi.

Gli anelli colorati possono osservarsi nei cristalli ordinarii che hanno fenditure ripiene di aria, o di altro fluido; in una bolla di sapone posta in balia di una corrente d' aria; osservandosi in questa molti anelli concentrici quando l'occhio si situa nella verticale che passa pel suo punto di sospensione, intorno a cui tutto è simmetrico.

70. Newton aveva conchiuso dai fenomeni degli anelli colorati, che per ciascuna sostanza esiste una serie di spessezza S,3S,5S,7S . . . . . per le quali la luce incidente di un certo colore è in un *accessit* di facile reflessione, e per un'altra serie di spessezza 2S,4S,6S,8S. . . per le quali la luce dello stesso colore era in un *accessit* di facile trasmissione; e da spiegazione della colorazione dei corpi, ammettendoli composti da particelle trasparenti separate da interstizii pieni di diversi fluidi, e che la spessezza di queste particelle e quella dei strati fluidi respingono i raggi che si trovono in un *accessit* di facile reflessione, e refrangono quei ai quali esse offrono un accessit di facile trasmissione, decomponendo così la luce incidente bianca, e dando ai corpi i proprii colori. Questa spiegazione della colorazione de' corpi è preferibile alla teoria emessa da alcuni fisici, la quale attribuisce alle molecole dei corpi la proprietà di assorbire certi raggi, e di lasciarne altri; dapoicchè pare impossibile potersi spiegare da questi, che diminuendo la spessezza di un corpo, o cangiandone il suo stato fisico, cangiasi benanche il suo colore.

La teorica delle ondulazioni da spiegazione del feno-

meno degli anelli colorati senza attribuire alla luce nuove proprietà; la quale può esser compresa nei termini seguenti. Gli anelli veduti per reflessione dipendono dall'interferenza dei raggi reflessi dalla prima e dalla seconda superficie dello strato di aria o di qualunque altra sostanza; gli anelli veduti per refrazione sono dovuti all'interferenza dei raggi trasmessi direttamente, e dei raggi reflessi due volte sulle faccie delle lamine, prima di essere trasmessi.

Dei più usitati strumenti di Ottica.

71. Per dare un'applicazione delle esposte teoriche parleremo de'strumenti di ottica; i quali sono formati o da lenti soltanto, e diconsi strumenti diottrici; o da specchi soltanto, e diconsi strumenti catottrici; o da lenti e specchi, e diconsi strumenti catadiottici.

72. *Microscopio semplice.* Il micrascopio semplice è un istrumento di grande ajuto, particolarmente ai naturalisti; dapoicchè taluni oggetti ancorchè posti a giusta distanza dal punto di vista, pure per la loro picciolezza, e pel debole grado di lucè da essi rinviata scappano all'osservatore lo più diligente, e non producono nell'occhio una impressione sufficiente.

Di fatti sia a b un piccolo oggetto (Fig. 35); esso dovrebbesi situare vicinissimo all'occhio, acciò la sua luce vi apportasse una impressione sufficiente; ed in tale posizione, i raggi luminosi emanati da ciascuno de' suoi punti, perchè troppo divergenti, la loro riunione non avverrebbe sulla resina, e l'immagine sarebbe confusa; perciò situata una lente di molta convergenza tra l'oc-

chio e l'oggetto, si ha nei raggi che partono dall'oggetto quel grado di convergenza che conviene alla visione distinta ; dimodochè gli oggetti situati ad una piccola distanza vengono ingranditi nel rapporto di ab ad a'b' o di Od a OD ; vale a dire sensibilmente nel rapporto della sua distanza focale alla distanza dalla quale l'occhio vede nettamente gli oggetti.

Questo fenomeno richiede qualche sviluppo : Od non è precisamente la distanza focale, ma la differenza da questa n'è picciolissima; dapoichè per la piccola estensione dell'apertura della pupilla, i raggi s'imbattono sulla lente con una divergenza che si avvicina molto al parallelismo, OD è un poco meno della distanza per la visione distinta, che si valuta a 22 centimetri; poichè l'occhio è situato dietro la lente.

È facile procurarsi microscopii per piccoli oggeti : Di fatti se si pratica un piccolo buco in una foglia sottile di metallo, introducendovi una goccia di acqua, questa si conformerà come una lente convessa, con due convessità sensibilmente sferiche ; è vero che queste lenti hanno l'inconveniente di dissiparsi prontamente per l'evaporazione, ma possono rimpiazzarsi facilmente. Il Signor Brewster ha proposto di sostituire all'acqua una vernice trasparente ; ma queste vernici non si conservano senza alterazione. Il Signor Sivright di Edimburgo propose di fare in una laminetta di platino un forellino del diametro di $1/_{40}$ ad $1/_{10}$ di pollice, e fondervi al cannello piccioli pezzetti di vetro che prendono la forma sferica, potendosi alle laminette di platino sostituire i fili di platino ; questi piccoli microscopii sono di una costruzione facile, e non presentano l'inconvenien-

te di una pronta alterazione. Il signor Wollaston ha costruite delle lenti chiamate *periscopiche*, in cui il campo della visione è molto più grande di quello delle lenti ordinarie ; e consistono in due segmenti sferici di cristallo separati da una foglia sottilissima di platino bucata nel mezzo; la piccolezza della distanza focale, e la posizione del diaframma metallico li forniscono un potere di forte ingrandimento.

72. *Microscopio Solare*. Il microscopio solare rappresentato dalla Fig. 36 è composto da uno specchio piano e da due lenti di convergenza.

Lo specchio piano p g è destinato a reflettere i raggi solari sull' oggetto a b, dopo che sono resi convergenti attraversando la lente m n, e per tal ragione l' oggetto dev'essere situato nel suo fuoco per ricevere la massima luce ; i raggi che partono divergenti dall' oggetto ridotti convergenti da una seconda lente convessa posta a distanza dall'oggetto un poco minore della sua distanza focale, dipingono sopra un quadro á b convenientemente situato una immagine dell'oggetto a b netta ed ingrandita. La mobilità del quadro permette di situarlo in sitò necessario onde ottenere una immagine precisa, e di bastante grandezza ; la quale sarà tanto più grande per quanto l' oggetto sarà più vicino al fuoco principale di questa seconda lente, che non bisogna mai oltrepassare. Per eseguire lo sperimento bisogna adattare l'armaggio della lente m n ad un'apertura praticata nella chiusura di una camera resa perfettamente oscura ; lo specchio poi dovrà essere mobile, per disporlo in modo che la luce reflessa, attraversa la lente m n in direzione parallela al suo asse.

74. *Megascopio.* Il megascopio differisce dal microscopio solare soltanto perchè questo è destinato all'esame di oggetti di grandi dimensioni; qualora il microscopio solare serve per esaminare piccolissimi oggetti. Collocate in a b (Fig. 37), un poco al di là del fuoco principale della lente, un oggetto rovesciato; rischiarate quest' oggetto mercè uno o più specchi; situate nella camera oscura un cartone o un vetro spulito; vi osserverete l' oggetto dipinto sopra, nella sua situazione naturale, e potrete ingrandire l' immagine ravvicinando l' oggetto ab alla lente, senza però oltrepassare il fuoco principale F.

Questo strumento proposto dal Signor Charles dà un ingrandimento da 1: 20, e con questo strumento il Signor Cossat ha determinate le curvature delle diverse parti dell' occhio.

75. *Lanterna Magica.* La lanterna magica dall' altra parte differisce per poco dal megascopio; dappoichè gli oggetti sono rischiarati dalla luce artificiale, ed è perciò fornita di una lampada; essa gode il vantaggio di essere trasportabile dovunque, per eseguirvi gli esperimenti.

76. *Fantasmagoria.* La fantasmagoria è una lanterna magica in cui si può avvicinare o allontanare l'oggetto dalla lente convergente; il che fa variare la grandezza dell' immagine, producendo l' effetto dell'allontanamento o avvicinamento di essa. Affinchè l'illusione sia compiuta bisogna far variare corrispondentemente l' intensità della luce.

77. *Camera oscura.* L' andamento della luce nella

camera oscura è lo stesso che nei due strumenti che abbiamo descritti.

La camera oscura è formata da una cassa di legno alla quale si adatta una lente convergente (Fig. 38), gli oggetti esteriori si dipingono nel fondo della camera in una posizione rovesciata ed impicciolita. Siccome la camera oscura serve per lo più ai disegnatori, vi si raddrizzano le immagini ricevendole sopra uno specchio piano m n, situato con una inclinazione di 45°, il quale reflette l' immagine in a″ b″ sopra un vetro spulito. In vece di una lente biconvessa si può impiegare una lente concava verso l'oggetto, e una lente convessa verso l' immagine; ottenendosi così immagini più precise.

Vi sono certe costruzioni in cui si è sostituito alla lente ed allo specchio un prisma convesso concavo. La parte convessa è rivolta verso l'oggetto e la parte concava, che fa un angolo retto con quella, è girata verso la lamina sulla quale si va a dipingere l'immagine. Questa costruzione ha qualche vantaggio sulle altre.

78. *Microscopio composto.* Il microscopio composto (Fig. 39) è formato talune volte da una lente mn rivolta verso l' oggetto che dicesi oggettiva, e da una seconda lente PR chiamata oculare, perchè in questa si adatta l' occhio.

Ecco l' andamento della luce nel microscopio composto. Sia b a un piccolo oggetto situato innanzi la lente m n al di là del fuoco F dei raggi paralleli; quest'oggetto produrrà una immagine rovesciata a' b', tanto più grande per quanto l' oggetto sarà più vicino al fuoco F, la quale può essere ricevuta sopra un vetro spulito o sopra una carta; essa viene ingrandita ancora dalla

lente oculare. L'ingrandimento è tanto maggiore a proporzione che l'oggettiva e l'oculare hanno una distanza focale più corta; ma quest'ingrandimento ha un limite, si per la difficoltà di costruire regolarmente lenti picciolissime, come pure per la necessità di conservare all'oculare una dimensione bastantemente grande; essendo il campo del microscopio composto, vale a dire lo spazio che la visione può abbracciare attraverso le lenti che lo compongono, limitato dal bordo dell'oculare.

Il microscopio composto ha ordinariamente tre tubi che si chiudono l'uno nell'altro. Al tubo più interno AB è situata l'oculare, e chiamasi porta-oculare, che s'immette in un secondo tubo, che striscia a sfregamento in un tubo più largo FH, nel basso del quale è fissata la lente oggettiva m n, e perciò si chiama porta-oggettiva; in IK vi è un diaframma circolare di un diametro conosciuto. Si fa muovere il porta oculare fino a che si fa vedere con molta esattezza il diaframma, ch'è allora situato al punto ove deve essere condotta per la refrazione l'immagine dell'oggetto che si vuole osservare. Innanzi all'oggettiva vi è un anello circolare, quest'anello è raddoppiato per ricevere una lamina di vetro ST, sulla quale si situano gli oggetti. La costruzione è tale da poter avvicinare o allontanare l'anello dall'oggettiva.

È necessario illuminare bene gli oggetti che si vogliono esaminare; il che si ottiene mercè uno specchio concavo V'; situato al di sotto della lente m n, il quale reflette la luce sull'oggetto.

L'istrumento siccome l'abbiamo descritto è il meno complicato, ma i microscopii composti più in uso sono a tre lenti. La Fig. 74 rappresenta uno di questi stru-

menti; in questo v'è la lente intermediaria m'n', che riunisce i raggi emergenti dell' oggettiva, e così ingrandisce il campo dello strumento; e vero che presenta all' oculare un immagine più piccola, ma molto più precisa e distinta; e dippiù può correggere il difetto dell' acromatismo. Delbarre ha costruiti microspii in cui l'oculare è composta da cinque lenti.

79. Il Signor Selligues ha presentato all' Accademia delle Scieuze un microscopio in cui la lente oggettiva è composta di quattro lenti acromatiche a due vetri, soprapposti; in questo istrumento gli oggetti sono rischiarati da un prisma convesso. Il Signor Chevallier ne ha presentato uno alla Società d'incoraggiamento costruito secondo i dati di Eulero; vale a dirc avendo una lante acromatica a due vetri, e un' oculare a due vetri. E siccome sarebbe difficile, per forti ingrandimenti, costruire lenti acromatiche di un cortissimo fuoco, così il Signor Chevallier soprappose due lenti di quattro linee di fuoco che equivalgono a una lente di due linee di fuoco.

Il Signor Amici di Modena inventore del microscopio catadiottrico, che in seguito descriveremo, ha ideato un microscopio la cui oggettiva è formata da due lenti acromatiche ciascuna composta da tre vetri, il quale ha un ingrandimento ed una precisione, che non si ha da altri simili strumenti.

80. *Microscopio di Amici.* Amici dotto fisico di Modena ha modificata la costruzione del microscopio diottrico, ed ha inventato un microscopio catadiottrico, eliminando la maggior parte dei difetti che per lo più accompagnano simili strumenti, rendendone l' uso più

comodo, con disporre il tubo in direzione orizzontale; di modocchè l'osservatore può farne uso stando seduto, il che agevola molto le sue occupazioni. Gli apparati accessori, come lo specchio di riverbero, il porta oggetto, la sega dentata, e simili sono gli stessi che nei strumenti già descritti, tranne quelle modificazioni richieste dalla posizione orizzontale del tubo. La (Fig. 41) rappresenta il microscopio catadiottrico, la cima del tubo è molto ristretta, onde potersi a piacere avvicinare all'oggetto posto al di sotto; un piccolo specchio C, situato con una inclinazione di 45° coll'asse del tubo, reflette l'immagine dell'oggetto la quale vi entra per un foro laterale, i raggi spezzati vengono di nuovo reflessi da uno specchio concavo ellissoide D posto inferiormente. Il tubo è lungo da 6 ad 8 pollici, avendo all'altra estremità un'oculare di Ramsden formata da due lenti, onde ingrandire più l'immagine, che viene rimandata in I dallo specchio. La difficoltà di costruire specchi ellittici restrinse molto l'uso di questo strumento, usandosi a preferenza il microscopio di refrazione ideato dallo stesso fisico, ed eseguito dall'ottico Chevalier di Parigi.

81. Il microscopio è orizzontale, ed è formato da due tubi che scorrono l'uno nell'altro. In H vi è un'oculare di Ramsden a due lenti m ed n, divise da un diaframma posto nel fuoco. Tirasi fuori il tubo HG al grado che conviene alla forza dell'oggettiva e all'ingrandimento che vuolsi ottenere; un gran disco AA di lamerino annerito ha un buco rotondo nel centro, in cui s'introduce la cima dell'oggettiva; questo disco opaco serve ad intercettare tutta la luce che giunge all'occhio dell'osservatore situato avanti al microscopio, ciò che

dà il vantaggio di non chiudere l'occhio che resta inattivo. Al di sotto del tubo verso la cima anteriore è posto a vite un piccolo pezzo di tubo lavorato, nel quale avvitasi la lente oggettiva acromatica; vi si possono mettere lenti di varie forze, e anche adattarvene due insieme. L' mimagine dell'oggetto posto alquanto prima del suo fuoco viene inviata verticalmente al di sopra dell' oggettiva nel prisma triangolare di cristallo D, che fa le veci di uno specchio, il quale la reflette orizzontalmente, e la trasporta nel fuoco g dell'oculare, la quale viene da questa ingrandita.

82. *Camera chiara.* La camera chiara immaginata da Wollaston consiste in un prisma di cristallo a base quadrangolare (Fig. 42) che ha uno degli angoli diedri retto, i due adjacenti a questo di 67° ½ ciascuno, e l'angolo opposto di 135.° Questo si dispone in modo che uno dei due piani dell' angolo retto sia colpito in direzione verticale dai raggi che partono dall'oggetto, i quali penetrano nel prisma, vanno a reflettersi su i due piani che formano l'angolo ottuso, ed escono dalla faccia orizzontale in direzione quasi verticale, ed in molta prossimità dell' angolo acuto come si rileva dalla figura. Il Signor Amici ne ha migliorata la costruzione; disponendo un prisma di cristallo che ha per base un triangolo rettangolo isoscele (Fig. 43), in modo che il piano corrispondente all' ipotenusa è rivolto in giù orizzontalmente, e quello che corrisponde ad uno dei cateti incontra verticalmente una lamina di cristallo ben doppia, che ha le facce perfettamente parallele; i raggi che partono dall' oggetto s' imbattono sul piano corrispondente all'altro cateto, si reflettono sull'ipotenu-

sa, ed escono dal prisma per l'altro piano ch'è in contatto colla lamina di cristallo, dalla quale sono reflessi in una direzione quasi verticale ascendente.

83. *Cannocchiale astronomico.* Questo cannocchiale, componesi di due lenti convesse C e G situate alle estremità di un tubo di legno, di metallo, o di cartone (Fig. 44); la lente C perchè rivolta verso l'oggetto è detta oggettiva, ed è leggiermente convessa, appartenendo ad una sfera di grande raggio, perciò il suo fuoco è in F; l'altra G rivolta verso l'occhio è molto convessa perciò ha una piccola distanza focale, ed è disposta in modo che il suo fuoco coincide perfettamente con quello dell'oggettiva nel punto F. Con questo cannocchiale veggonsi distintamente gli oggetti situati a grandi distanze, che compariscono ingranditi e ravvicinati, ma in posizione rovesciata dall'alto in basso, e da destra a sinistra; come ciò avviene può rilevarsi dal ragionamento seguente.

L'oggetto AB essendo molto distante, vedesi assai piccolo e confuso ad occhio nudo; i raggi che esso tramanda potendosi considerare come paralleli, attesa la grande distanza, sono refratti dall'oggettiva, e vanno a riunirsi nel fuoco principale F: e sappiamo che i raggi che partono dal mezzo dell'oggetto AB attraversando l'oggettiva riunisconsi nel punto F dell'asse, parimente quelli che partono dalle estremità A e B hanno i loro fuochi in E e D; di modo che in questi punti, vivamente illuminati da questa riunione, rappresentasi una piccola immagine ED dell'oggetto AB. Siccome i raggi continuano il loro cammino dopo di essersi incrocicchiati, il punto inferiore B viene riportato nell'alto in D, ed il

superiore A nel basso in E; così l'immagine ED è rovesciata, ed è situata nel fuoco F dell'oggettiva; or questa immagine bisogna vedere distintamente. L'oculare facendo l'ufficio di un microscopio semplice l'ingrandisce, ed è perciò che essa si vede ravvicinata, ingrandita, e rovesciata come si è detto.

L'ingrandimento è determinato presso a poco dal rapporto delle distanze focali CF ed FG delle due lenti. Di fatti ad occhio nudo il semidiametro dell'oggetto è veduto sotto l'angolo SCB o SCA formato dall'asse con i raggi estremi dell'oggetto; e quantunque l'occhio sia collocato in O, pure la lunghezza AO del cannocchiale può valutarsi come nulla in confronto della distanza dall'oggetto. L'angolo SCB è uguale a DCF; d'altronde l'immagine DE è trasportata nel fuoco F, e la sua porzione FD è veduta sotto l'angolo GOL, ch'è uguale a DGF, perchè il raggio emergente OL deve sortire parallelo al raggio principale GD. Or la grandezza degli oggetti essendo misurata dall'angolo ottico, perciò l'ingrandimento è nel rapporto degli angoli DCF, DGF; ma nei triangoli rettangoli DCF, DGF, Tang. dell'angolo DCF $= \frac{DF}{FC}$, e Tang. dell'angolo DGF $= \frac{DF}{FG}$; e sostituendo queste tangenti agli angoli medesimi, si avrà DCF: DGF$= \frac{DF}{FC} : \frac{DF}{FG}$ ovvero$=$FG: FC. Questo rapporto misura l'ingrandimento del cannocchiale; che sarà tanto maggiore per quanto l'oggettiva avrà una distanza focale più grande, e l'oculare una distan-

za focale più corta. La difficoltà di costruire grandi oggettive esenti da difetti, e la necessità di conservare all'immagine bastante luce, assegnano un limite a questo ingrandimento.

La posizione del fuoco F dell'oggettiva dipende dalla sua distanza dall'oggetto, accrescendosi la sua distanza focale a proporzione che l'oggetto vi si avvicina; la posizione dell'oculare dovendo seguire l'immagine, bisogna che sia aggiustata in modo da potersi allontanare ed avvicinare, per dargli la posizione conveniente alla distanza dell'immagine; ed a questo modo il cannocchiale si rende opportuno anche per gli oggetti terrestri. Questa modificazione è anche necessaria per osservare gli oggetti celesti da quei che non hanno una vista regolare; poichè i miopi devono farla avvicinare dippiù all'oggettiva che i presbiti. Perciò costumasi fissare l'oculare in un piccolo tubo, che si muove a sfregamento nel tubo del cannocchiale; anzi in taluni cannocchiali vi è un piccolo rocchetto, posto nella canna esterna, che vien mosso da un bottone; questo rocchetto fa azione in una sega dentata fissata nel tubo dell'oculare, onde poter dare a questo un movimento preciso, e fermarlo al punto in cui l'immagine si vede chiara e nitida. Nel fuoco dell'oggettiva si situano due sottilissimi fili di ragno, di argento, o di platino ben tesi, che s'intersecano ad angolo retto; il di cui punto d'intersezione è nell'asse del cannocchiale, onde fissare particolarmente un punto dell'oggetto. Questo cannocchiale, la cui invenzione è dovuta a Keplero, è preferito dagli Astronomi, perchè assorbe meno luce, ha un campo maggio-

re, e può soffrire un'oculare di una distanza focale molto piccola.

84. *Cannocchiale Terrestre o cannocchiale a quattro vetri.* Il cannocchiale astronomico attesa la sua costruzione fa vedere gli oggetti rovesciati, perciò non tanto volentieri si adopera per esaminare gli oggetti terrestri; onde è che per questi si usa il cannocchiale a quattro lenti, rappresentato dalla Fig. 45; esso corrisponde al cannocchiale astronomico al quale sono interposte due altre lenti MN ed UV tra l'oculare e l'immagine prodotta dall'oggettiva; la lente UV avendo il suo fuoco principale nell'immagine reale, ne trasmette i raggi in direzioni parallele, che sono resi convergenti dopo che hanno attraversata la lente MN, producendo nel suo fuoco principale una immagine P″S″ rovesciata per rapporto all' immagine prodotta dall' oggettiva, e perciò dritta in rapporto all' oggetto reale; i raggi, dopo formata questa seconda immagine raddrizzata, s' imbattono divergenti sull' oculare, che l' immette convergenti nell' occhio; la seconda immagine deve raccogliersi in sito più prossimo all'oculare del suo fuoco principale.

Le lenti sono situate in tre tubi, l'oggettiva e l'oculare hanno tubi separati, e le due lenti intermedie sono disposte nello stesso tubo.

L' ingrandimento prodotto da questo cannocchiale si può valutare dall' osservare, che ad occhio nudo si vedrebbe l'oggetto sotto l'angolo SAP, o S′AP′; e per la seconda lente si vede sotto l'angolo VOU o S′CP′: l'ingrossamento delle due prime lenti adunque sarà nel rapporto di questi angoli; perciò se chiamiamo A l'angolo SAP, e C l' angolo S′CP′ o il suo uguale VOU,

avremo come nel cannocchiale astronomico $C = A \times \frac{AQ'}{CQ'}$; ma P''ES'' è uguale all'angolo NOM o VOU; e come nell' ultimo risultato questo è sotto l' angolo D, o sotto il suo uguale B che si vede l'immagine; perciò bisogna conoscere il valore di quest' ultimo; e ciò si ha dalla proporzione seguente Tang. B : Tang. E = EK : BK, e pesciò Tang. $B = \frac{EK}{KB} \times$ Tang. E; e prendendo gli angoli per le loro tangenti, e sostituendo all' angolo E il suo uguale C si avrà $B = A \times \frac{AQ' \times EK}{Q'C \times BK}$. Or essendo per lo più le distanze focali delle due lenti di mezzo uguali, questa espressione si riduce ad $A \times \frac{AQ'}{BK}$; dal che segue che l'ingrandimento è lo stesso che nel cannocchiale astronomico.

85. *Cannocchiale di Galilei*. Il cannocchiale Astronomico fa vedere gli oggetti rovesciati, ed il cannocchiale terrestre assorbe molta luce; di maniera che nè l'uno, nè l' altro sono di un uso comodo per osservare gli oggetti terrestri poco illuminati. Il cannocchiale di Galilei rappresentato dalla Fig. 46 va esente da questi inconvenienti. In esso l'oculare è biconcava, ed è situata tra l'oggettiva ed il suo fuoco principale, perciò essa riceve i raggi che vanno a formare l'immagine dovuta all'oggettiva, e li rende divergenti; per questa disposizio-

ne l'immagine virtuale è veduta per l'oculare biconcava nella stessa posizione dell'oggetto reale; ed è ingrandita perchè il suo angolo visuale è maggiore di quello sotto del quale si vedrebbe l'oggetto. Di fatti l'oggettiva A trasporta nel suo fuoco F l'immagine rovesciata g F f di un oggetto lontano D d ; ma l'oculare biconcava B interposta arresta il cammino de' raggi e li fa divergere. I raggi arrestati e sviati dalla loro direzione portansi dietro nelle direzioni i f, e l g'; ed i punti f e g sono riportati nei punti f' e g' ; vale a dire, vedesi il punto D in f', e il punto d in g'; dimodochè l'immagine dell'oggetto si vede diritta in f' g'. Il suo ingrandimento è nel rapporto delle aperture degli angoli ottici, veduto l'oggetto direttamente, e per mezzo del cannocchiale; perciò sarà tanto maggiore per quanto la distanza focale dell'oggettiva sarà più lunga, e la distanza focale negativa dell'oculare sarà più corta.

86. *Telescopii.* I Telescopii sono formati da specchi combinati in modo da produrre la reflessione della luce delle immagini reali, le quali si osservano per mezzo di una oculare. Supposto un oggetto lontanissimo situato lungo l'asse di uno specchio concavo M (Fig. 47); i raggi che partono dai differenti punti dell'oggetto e che vanno ad imbattersi sullo specchio possono considerarsi come paralleli, i quali reflessi vanno a formare una immagine reale RR nel fuoco principale F di questo specchio; e l'immagine e l'oggetto saranno così veduti sotto il medesimo angolo dal centro dello specchio. Lo specchio concavo è situato ordinariamente nel fondo di un lungo tubo in modo che il suo asse sia in direzione parallela alle pareti del tubo ; queste sono annerite in-

ternamente, onde allontanare il più ch'è possibile tutta la luce straniera, ed evitare la confusione che potrebbero apportare i raggi irregolarmente reflessi da queste pareti. I telescopii differiscono dalla diversa posizione dell' oculare, che si ha cura di disporre in modo da intercettare il più piccol numero di raggi incidenti. Nel telescopio di Herschel lo specchio è ritenuto da una cerniera, per poterli dare quella inclinazione che si vuole, per mezzo di una vite di pressione; esso ha una distanza focale di 40 piedi. In questo telescopio l'osservatore è rivolto colle spalle all' oggetto, il che rende difficile il suo uso; l'asse dello specchio è deviato un poco, cosicchè l'oggetto e la sua immagine non sono situati su quest'asse, ma da due lati differenti di questa linea.

87. Newton, per ottenere lo stesso intento nel telescopio che porta il suo nome, immaginò d'intercettare i raggi reflessi, un poco prima del loro concorso nella produzione della immagine, coll' ajuto di un piccolo specchio piano, inclinato con un angolo di 45° coll' asse del telescopio, il quale trasporta l' immagine sopra uno de' suoi lati; cosicchè può questa essere osservata mediante un'oculare, il cui asse è in direzione verticale a quello dello specchio concavo, come si rileva dalla Fig. 48; ma siccome lo specchio piano indebolisce la luce che reflette, così Newton sostituì a questo un prisma che ha per base un triangolo rettangolo isoscele, disposto in modo che sul lato che corrisponde all' ipotenusa della base si esegue la reflessione dei raggi luminosi, che entrano e scappano quasi in direzioni verticali agli altri due piani del prisma. Per dirigere questo teloscopio verso l'oggetto, vi è un piccolo cannocchiale astronomi-

co disposto parallelamente all'asse dello specchio concavo, al quale si dà il nome di cercatore; si dirige in modo tale il tubo del telescopio finchè l'oggetto che si vuole esaminare sia nell'asse ottico del cercatore.

L'ingrandimento dei telescopii si valuta come nei cannocchiali, essendo più grande a proporzione che lo specchio concavo appartiene ad una sfera di maggior raggio, e l'oculare abbia una distanza focale più corta. L'inconveniente principale sì del telescopio di Herschel, cha di quello di Newton si è di dare le immagini che non sono situate, per rapporto all'osservatore, nella stessa posizione che l'oggetto reale.

88. Il telescopio Gregoriano non presenta questo inconveniente. Lo specchio concavo principale M (Fig. 49) ha un'apertura circolare nel suo centro ottico dove è fissato il porta oculare; i raggi che partono dai diversi punti dell'oggetto imbattendosi su questo specchio sono reflessi incrocicchiandosi nel suo fuoco producendo l'immagine reale FR rovesciata; i raggi che la producono sono raccolti da un altro piccolo specchio concavo *m* situato al di là di questa imagine; e sono reflessi da questo in modo, che formano avanti l'oculare una immagine reale raddrizzata F'R' coniugata della prima, alla quale la detta oculare sostituisce una imagine virtuale ugualmente raddrizzata rapporto all'oggetto, situata alla distanza della vista distinta.

L'oculare ha ordinariamente un movimento nella direzione dell'asse per adattare la sua porzione alla vista di ciascun osservatore.

La chiarezza dell'immagine in questo telescopio è minore di quella che si ha col telescopio Newtoniano, sì

per la doppia reflessione, che per l'apertura circolare che ha il grande specchio nel suo centro ottico.

Dell' azione chimica della luce.

89. La luce non solo trovasi libera nello spazio, ma può trovarsi frapposta tra le molecole dei corpi, e benanche in chimica combinazione. Da sperimenti del Padre Beccaria e di altri si sà che diversi corpi distinti col nome di fosfori solari assorbono la luce allorchè si espongono per qualche tempo ai raggi solari, e di poi la trasmettono stando in un luogo oscuro. Canton dietro sperimenti rinvenne una sostanza, che possede questa proprietà in grado più marcato; e che ottenne calcinando le cortecce di ostriche esponendole a fuoco vivissimo per una mezz'ora; ridusse in fina polvere il risultato, e l'unì al terzo del suo peso di fiori di solfo; questa mescolanza ben compressa la fece arroventire al fuoco in un crogiuolo, e dalla massa ottenuta ne separò la parte più brillante, che rinchiuse in una bottiglia smerigliata, esponendola per alcuni minuti alla luce diretta del sole; essa divenne luminosa nell'oscurità di tanto, da far distinguere le ore in un orologio da sacca. È vero che perdè cotesta proprietà dopo qualche tempo, ma la riacquistò colla nuova esposizione al sole. Dietro tal fatto resta dimostrato che la luce s'insinua in alcuni corpi, dai quali è emessa facilmente senza provare alcun cangiamento. Alcuni hanno opposto a questa conchiusione dicendo, che la luce prodotta in tale circostanza devesi ad una lenta combustione; ma ciò ripugna ad un'infi-

nità di fatti, e alle conoscenze che abbiamo della combustione.

Vilson ha provato che in diverse circostanze la luce emessa da diverse sostanze fosforiche non sia identicamente la stessa di quella, che hanno assorbita; poichè diverse di esse, dietro l'esposizioi e all'azione del raggio blù, emisero luce rossa. M.r Grosser ha fatto conoscere che la medesima cosa ha luogo col diamante, ch'è un piroforo naturale. Comunque ciò abbia luogo non possono gli anzidetti fatti apportare alcun dubbio che, la proprietà che acquistano tali corpi di divenir luminosi, li venga dall'esposizione de' medesimi all'azione della luce, e che non vi ha alcuna influenza la combustione.

Allo sprigionamento di luce latente, ovvero di luce frammista alle molecole de' corpi, devonsi i fenomeni luminosi, che si osservano quando si stropicciano tra loro due pezzi di quarzo, quando si strofinano leggiermente tra loro due pezzi di zucchero in pane, quando si agitano alcune soluzioni saline, o si striscia sulla loro superficie con qualche stecca di legno dopo essere state esposte per qualche tempo ai raggi solari. L'acqua del mare manifesta sovente lo stesso fenomeno, allorchè nelle notti estive viene percossa dal remo, o agitata da altro corpo qualunque; luce che non devesi attribuire a numerosi insetti, che eccitati emettono umore fosforico, poichè più volte essendosi esaminata con diligenza l'acqua che presentava tale fenomeno, nulla di ciò si è rinvenuto.

90. La luce non solamente s'insinua ne'corpi, ma spesse volte vi si combina formando parte costituente di essi. Alcuni sperimenti di Canton, ripetuti con più esten-

sione dal D[r] Hulme, lo provano ad evidenza. Si sa che diverse carni, pesci, e legni, prima di provare la putrefazione, diventano luminosi nell'oscurità. I pesci, di cui si servì Hulme, furono particolarmente gli sgomberi e le aringhe. Di fatti se si mettono otto parti dell'uno o dell'altro pesce in un vase, che contiene sessanta parti di acqua di mare, o di acqua pura in cui vi sià sciolta una parte d'idro-clorato di soda (sale comune) o quattro parti di solfato di magnesia; situato questo vase in un luogo oscuro dopo tre o quattro giorni si manifesta un anello luminoso alla superficie del liquido, ed indi diviene luminoso in totalità quando si agita. Se questo liquido si congela cessa l'anzidetto fenomeno, ma si riproduce di bel nuovo, nel disgelo; un calore mediocre aumenta l'emissione della luce, quello dell'acqua bollente la fa sparire, e dispare ancora coll'aggiunzione di diverse sostanze; gli stessi fenomeni alle volte si osservano sulle indicate sostanze, anche senza il concorso delle soluzioni saline. La luce che vien prodotta negli anzidetti sperimenti non produce alcuna alterazione sul termometro. Dai fatti esposti resta dimostrato che la luce può formar parte costituente de'corpi, e ch'è la prima a svolgersi quando questi cominciano a decomporsi.

In diverse combinazioni, come in quella dell'idrogeno coll'ossigeno, dell'ossigeno o del cloro con i metalli, ed anche coi combustibili non metallici; come ancora nelle decomposizioni di diversi ammoniuri metallici ec., si sviluppa la luce che era prima nei descritti corpi, e che non può essere ritenuta nei risultati dell'azione chimica; luce che il più delle volte non è

esclusiva luce latente, ma anche luce chimicamente combinata.

91. La luce non solo si combina con alcuni corpi, ma è al caso di operare alcuni cangiamenti chimici in molti altri; nel quale caso pare che fissa la sua azione su qualche elemento della combinazione. Di fatti gli ossidi di mercurio, di platino, di argento, di oro ec., sono in parte, o in totalità ridotti coll'esposizione ai raggi solari, lo stesso ha luogo con i sali di argento, di oro, platino ecc. e con gli acidi sopraccaricati di ossigeno, particolarmente quando si trovano in contatto col carbone, coll'etere, cogli olii, coll'idrogeno, col fosforo, o con altri corpi combustibilissimi. Così l'acido nitrico perfettamente bianco si colora in giallo o in rosso all'azione della luce solare, svolgendo del gas ossigeno.

Oltre a queste decomposizioni, la luce determina con energia anche talune combinazioni. Di fatti se un miscuglio di cloro e d'idrogeno si espone ai raggi diretti del sole, avrà luogo uno scoppio violentissimo per la rapida combinazione, dando per risultato l'acido cloroidrico. Tale combinazione sarà lenta se il miscuglio viene esposto alla luce diffusa, e non vi sarà combinazione fino a che si tiene nell'oscurità.

Tutto giorno osserviamo che all'azione dei raggi solari si smortiscono o distruggono i colori delle nostre stoffe; e le tinture spiritose di foglie di ciliegio o di tiglio fra lo spazio di circa 20 minuti sono alterate.

92. Scheele osservò che il raggio violetto agiva più degli altri sul cloruro di argento, e Sennebier ha paragonato l'effetto dei raggi prismatici su questa medesima

sostanza; determinando la loro diversa azione dal tempo che ciascuno di essi aveva bisogno per condurlo alla stessa gradazione di colore. Il raggio violetto produsse in quindici secondi l'effetto stesso, che il raggio rosso avea prodotto in venti minuti primi, essendo stata l'azione degli altri raggi intermedia tra questi. Dietro ciò il Signor Herschel dimostrò diversa azione nei diversi raggi colorati dello spettro solare; distinguendoli perciò in calorifici, colorifici, e dissossigenanti, o produttori di azione chimica. Di fatti avendo fatto illuminare progressivamente una carta stampata da eguali quantità de' detti raggi, osservò che poteva leggersi alla maggior distanza, e con più chiarezza sotto il verde più vivo, ed il giallo più intenso, e che questi effetti diminuivano progredendo dal centro alle estremità dello spettro. I bulbi di due termometri similissimi, fatti percuotere da due raggi diversamente coloriti, diedero diversi risultati; dal che dedusse che essi sono dotati di diversa azione calorifica; il maggior calore l'osservò nel raggio rosso, ed il minore nel violetto andando progressivamente minorando dal primo al secondo, e in uno spazio al di là del raggio rosso dove non appare luce di sorte alcuna osservò la massima elevazione di temperatura. Queste importanti osservazioni del Dr. Herschel sono inserite nelle transazioni filosofiche dell' anno 1800 pag. 260.

Alle osservazioni pocanzi descritte di Scheele il Sig. Ricter, ed il Dr. Vollaston hanno aggiunto, dietro ripetuti sperimenti, che i raggi che eccitano calore senza luce, situati al di là del raggio rosso poco o niun effetto producono sul cloruro di argento umettato; e che

appena un leggiero cambiamento si osserva all' azione del raggio rosso; e che al di là del raggio violetto, ove non appare luce, nè calore l'effetto chimico è apparentissimo. Dal che si deduce che la massima azione chimica risiede nel raggio oscuro al di là del raggio violetto. Berthollet ha sperimentato che nell' annerimento del cloruro di argento per l'azione della luce producesi gas acido cloroidrico. Davy ha provato che il raggio rosso, perchè da maggior calore ha un'azione più marcata del raggio violetto su di un miscuglio d'idrogeno e cloro; e che una soluzione di cloro nell'acqua si trasforma più prontamente in acido cloroidrico allorchè viene esposto al raggio violetto, o al raggio oscuro al di là di detto raggio.

Gli anzidetti sperimenti sono stati ripetuti dal Signor Berard, mettendo in opera alcuni mezzi, onde attivare al più possibile l'azione dei diversi raggi dello spettro, ed ottenere risultati più decisivi; perciò si avvisò di far raccogliere da una lente convessa la porzione dello spettro, che si estende dal verde al violetto; e con altra lente consimile quella dal verde al di là del rosso. Quest'ultimo fascetto luminoso, che si riuniva in un punto sensibilmente bianco dotato di luce vivissima, non operò alcuna alterazione sensibile sul cloruro di argento, malgrado che la sua azione fosse stata continuata per circa due ore; al contrario esponendolo all'altro fascetto, in cui la luce era meno viva, e il calore meno intenso in meno di dieci minuti si annerì. Da ciò il Signor Berard conchiuse che l' azione chimica della luce è disgiunta dall'azione calorifica.

93. Chaptal ci ha fatto conoscere che la luce ha un'

influenza marcata sulla cristallizzazione de'sali: Di fatti avendo posto in un vase di vetro una soluzione salina atta a cristallizzare situato in stanza oscura, che riceveva da un piccolo buco un raggio di luce diretto nella detta soluzione, osservò che i cristalli si aggruppavano nella direzione di detto raggio.

94. Oltre dell'azione della luce sopra i corpi inorganici, presta ancora essa interessanti uffici agli esseri organizzati col benefico influsso della sua presenza. A Priestley va debbitrice di molto la fisiologia vegetabile, per avere esso il primo tentato alcune interessanti osservazioni, onde indagare il processo della vegetazione; avendoci fatto conoscere che l'aria, nella quale si opera la vegetazione all'influenza della luce contiene una maggior quantità di gas ossigeno. In seguito Rumford, Woodhouse, Sennebier, Saussure, e Berthollet hanno di più inoltrate queste ricerche; dalle quali hanno dedotto, che la luce influisce nei vegetabili alla decomposizione dell'acido carbonico e dell'acqua, il carbonio e l'idrogeno vengono assimilati dai vegetabili, e l'ossigeno n'è emesso; e che questa operazione si effettua con energia nelle foglie e nelle parti tenere esposte ai raggi del sole. Perciò le piante che vivono all'azione della luce sono robuste e piene di colorito; al contrario quelle che ne vivono prive sono deboli succolenti, e hanno un colorito più o meno smunto.

Parimenti gli esseri animali che godono del benefico influsso della luce sono pieni di brio e di colorito; quelli che ne sono lontano menano una vita languida.

Nella luce dunque dobbiamo noi riconoscere quella sostanza benefica, che non solo col suo esercizio mec-

canico influisce al nostro ben essere, ma benanche sviluppa negli esseri sì organici che inorganici un' azione poderosissima.

CAPITOLO II.°

DEL CALORICO E DEL CALORE.

95. Quando ci avviciniamo o tocchiamo un corpo più caldo di noi abbiamo una sensazione, che comunemente chiamasi calore, e la cagione del calore è stata chiamata dai Fisici calorico.

La natura di questo agente ci è perfettamente ignota; ma dagli effetti si definisce un fluido impercettibile, invisibile, sommamente elastico, che invade tutt' i corpi, si equilibra in essi, li dilata, e li costituisce diversamente; dalla sua azione i corpi solidi possono divenir liquidi, e questi possono ridursi nello stato gassoso.

Ciò posto, il diverso stato de' corpi risulta dall' azione di due forze opposte; cioè dall' azione della forza di coesione, e da quella del calorico; dapoichè qualora prevale la forza di coesione su quella del calorico si ha lo stato di solidità, se si equilibrano si ha lo stato di liquidità, e se poi l'azione del calorico supera la forza di coesione si hà lo stato gassoso.

Il calorico può esser libero e non unito a' corpi, nel qual caso è sensibile ai nostri sensi ed agli strumenti addetti a valutarne gli effetti, e perciò si distingue col nome di calorico libero o sensibile; può rattrovarsi frammisto alle molecole de' corpi, o in chimica combinazio-

ne con esse, e allora dicesi latente, o chimicamente combinato.

Del calorico libero.

96. Il calorico libero viene emesso dai diversi punti della superficie de' corpi a guisa di tanti raggi che percorrono costantemente un sentiero rettilineo, con una rapidità incredibile; ed imbattendosi nelle superficie levigate e pulite vengono reflessi come i raggi luminosi, seguendo perfettamente le stesse leggi. Questa proprietà, che chiamasi irragiamento del calorico, è stata dimostrata in vari modi da diversi Fisici, ed è stata trovata la stessa tanto attraverso dell' aria e dei diversi gas, come nel vuoto; non apportando l'aria ed i diversi gas altra modificazione che una minorazione d'intensità nell' azione calorifica, senza recare la menoma alterazione alle leggi del loro movimento. Ma siccome questi sperimenti sono più facilmente eseguibili nell' aria, che nel vuoto e negli altri gas, come ancora perchè in questo mezzo succedono i fenomeni ordinarii, perciò non li esamineremo nell'aria.

L' esperimento più convincente è il seguente. Se si dispongono due specchi concavi di metallo, i diametri de'quali non sieno minori di un palmo, in posizione tale che i loro assi formino una retta continuata, situati in distanza tra loro di circa cinque in sei palmi, come nella (Fig. 50). Posto nel fuoco A di uno di essi un corpo caldo, come sarebbe una palla di ferro riscaldata, o un vase ripieno di acqua bollente; un termometro situato nel fuoco C dell'altro specchio seguerà un aumen-

to di temperatura. Se in vece del corpo riscaldato vi si mettono carboni accesi in un cestino di fili di ferro, si produrrà l'accensione dell'esca, o della polvere da sparo situata nel luogo del termometro.

La dimostrazione del descritto fenomeno potrebbe credersi a primo aspetto semplicissima, pensando che il corpo riscaldato comunica il calorico agli strati di aria che lo circondano, e questi agli altri strati progressivi, fino a quei che circondano il termometro, nel quale si marca l'aumento di temperatura; ma non è così, poichè se ciò fosse un termometro situato in B nel mezzo della distanza tra i due specchi, e nella linea che unisce il corpo riscaldato ed il bulbo del termometro, dovrebbe marcare una temperatura molto più grande del termometro situato in C, perchè più prossimo al corpo caldo, ma si osserva al contrario che segna una temperatura molto più bassa. Perciò siamo obbligati a credere, che il corpo caldo situato nel fuoco A dello specchio emette da tutt' i punti il calorico raggiante, al pari che un corpo luminoso slancia i raggi di luce, e che come questi attraversano l' aria, e sono reflessi dalle superficie levigate e pulite degli specchi; perciò la superficie dello specchio, nel di cui fuoco trovasi situato il corpo caldo, riceve da questo il calorico raggiante, e dietro la teorica degli specchi concavi, viene reflesso in tanti raggi paralleli all' asse; ed in questa direzione incontrando la superficie dell'altro specchio, ne sono reflessi riunendosi nel fuoco C, ove trovasi situato il bulbo del termometro; perciò in questo punto comulandosi una quantità di raggi calorifici si ha la massima elevazione di temperatura.

97. La rapidità con cui i raggi calorifici percorrono lo spazio può esser dimostrata nel precedente sperimento, frapponendo un parafuoco tra lo specchio ed il termometro situato nel suo fuoco, onde impedire il passaggio dei raggi reflessi, si osserverà il termometro discendente progressivamente; e qualora è un termometro ad aria, o è il bulbo di un termoscopio, non si potrà valutare alcun tempo tra l'interposizione del parafuoco e l'indicazione dell'abbassamento di temperatura. Il signor Delaroche ha provato che il calorico raggiante, nell'attraversare l'aria ed i diversi corpi, minora d'intensità nel rapporto della densità, e spessezza dei mezzi che attraversa; e si è assicurato che la quantità di calorico assorbita dai mezzi diafani diminuisce a proporzione che il corpo emanante i raggi trovasi ad una temperatura più elevata.

98. Ammesse le teoriche precedenti ne risulta, che un corpo caldo situato nell'aria è il centro di una quantità di raggi calorifici, che attraversano l'aria quasi liberamente; de' quali ne vengono assorbiti alcuni, e reflessi tutti gli altri. Or se due o più corpi a differenti temperature, vengono situati ad una certa distanza tra loro, ciascuno di essi emette raggi calorifici, e contemporaneamente riceve quelli che partono da altri corpi; avendo ciò luogo colla progressiva minorazione di temperatura in alcuni di essi, e coll'aumento negli altri, finchè vi si stabilisce un perfetto equilibrio in tutti.

Ripetute osservazioni ci dimostrano, che l'irragiamento del calorico ha luogo a qualunque temperatura; e che la diversità consiste nella quantità di calorico emessa, e assorbita da ciascun corpo; essendo l'emissione nella ra-

gion diretta della temperatura di ciascun corpo, e l'assorbimento nella ragione inversa. Di fatti le sensazioni di caldo e di freddo che i corpi imprimono in noi, sono relative allo stato di temperatura della nostra macchina; talmentechè la neve ci sembra fredda, qualora trovasi ad una temperatura più bassa della nostra macchina; non ci apporterebbe alcuna sensazione, se la nostra macchina si trovasse a temperatura corrispondente alla sua; e ci recherebbe sensazione di calore, se la nostra temperatura fosse al di sotto della sua. Parimente se un individuo trovasi posto tra corpi che sono a temperatura più bassa della sua, fa da corpo caldo sul bulbo di un termoscopio ; perchè irraggia una maggior quantità di calorico di tutt'i corpi circostanti, e ne assorbe di meno.

99. Le superficie de' corpi influiscono molto sulla quantità di calorico reflesso, assorbito, o emesso. Di fatti se sopra uno specchio metallico ben pulito si fanno imbattere una quantità di raggi calorifici, appena si riscalda ; ma se si rende scabra la sua superficie mediante un corpo aguzzo, o stropicciandolo con arena; ovvero si annerisse alla candela, quei medesimi raggi lo riscaldano fortemente; e lo stesso può verificarsi investendo una delle palle del termoscopio con diverse sostanze, atte a poterne variare la sua superficie; dal che patentemente dimostrasi, che le superficie levigate e pulite reflettono quasi tutt'i raggi calorifici che su di esse s'imbattono , e le superficie scabre o annerite ne assorbono la maggior parte. Il potere emessivo dipende anche dalla levigatezza e scabrosità delle superficie , il che si dimostra facilmente prendendo un vase di forma cubica di latta, di cui uno dei quattro piani verticali sia anne-

rito alla candela, l'altro impiastrato di colla o coverto di carta, il terzo coverto da uno strato di vernice, ed il quarto perfettamente levigato; riempito il vase di acqua bollente, e situatolo nel fuoco di uno degli specchi concavi, si osserverà che rivolta la faccia levigata allo specchio il termometro situato nel fuoco dell'altro specchio, posto rimpito al primo, s' innalzerà molto meno di quanto altra faccia del vase trovasi rivolta allo specchio; talmentechè da ripetuti esperimenti, eseguiti con somma diligenza da diversi Fisici, si sono determinati i rapporti del potere raggiante relativo, e del potere reflessivo relativo tra diversi corpi, che trovansi espressi nella tavola seguente.

Tavola del potere raggiante relativo.		Tavola del potere reflessivo relativo.	
Nero fumo	100	Ottone	100
Acqua	100	Argento	90
Carta da scrivere	98	Stagno in foglie	80
Vetro ordinario	90	Acciajo	70
Inchiostro della China.	88	Piombo	60
Cristallo	85	Amalgama di stagno	10
Mercurio	20	Vetro	10
Piombo brillante	19	Vetro ogliato	5
Ferro pulito	15		
Stagno, argento, rame, ed oro	18		

100. Le facoltà assorbenti e reflessive delle superficie dei corpi pel calorico sono tra loro in ragione inversa, e ciò è patente; dappoichè quanto più una superficie ha

facoltà di assorbire un maggior numero di raggi, meno ne reflette, e viceversa. Non è peraltro lo stesso del rapporto diretto tra le facoltà assorbenti ed emissive, e l'esperienza sola può farci conoscere il loro accrescimento o decrescimento simultaneo.

Il Signor Lesliè, a cui sono dovute la maggior parte delle precedenti osservazioni, ha dimostrato che il potere emissivo dei corpi è maggiore quando le superficie sono fornite di punte. Di fatti avendo eseguito un numero di strie parallele con un corpo aguzzo sopra uno dei lati di un cubo di latta, e sull'altro lato l'istesso numero di strie tirate metà in un senso e metà in un altro, in modo che s'incrociano; riempito il cubo di acqua bollente, ed operando come nell'esperimento precedente, osservò che si emetteva maggior quantità di calorico dalla superficie ove erano le strie incrociate, che da quella ove erano in direzioni parallele.

101. La intensità dei raggi calorifici varia secondo la diversa loro inclinazione sì colla superficie emergente che con quella assorbente. Ed è stato dimostrato, e comprovato che le intensità dei raggi calorifici sono proporzionali ai seni degli angoli formati dalle loro direzioni con le superficie raggianti; perciò i raggi emessi da una superficie raggiante sferica sono tutti della stessa intensità, perchè formano lo stesso angolo coi piani tangenti tirati ai punti da dove partono. Tutti peraltro apportano diversa intensità calorifica a seconda dei diversi angoli che formano colla superficie ove s'imbattono. Di fatti non ostante che il sole è più vicino a noi nell'inverno che in està, pure perchè riceviamo i suoi raggi più obliquamente nell'inverno che in està, risen-

tiamo maggior calore in està che nell'inverno. La zona torrida è costantemente calda, perchè la sua situazione è tale che riceve i raggi perpendicolarmente o quasi perpendicolarmente alla sua superficie; ed a proporzione che si va verso i poli si trova la Terra più fredda, perchè la sua forma sferica fa sì, che i raggi solari vi cadono con obliquità progressivamente maggiore.

102. All'assorbimento ed emissione contemporanea del calorico operata dai corpi scambievolmente, devesi la proprietà che esso gode di equilibrarsi in essi, ancorchè situati a varie distanze fra loro; poichè tutti, a qualunque temperatura, emettono continuamente ed in tutte le direzioni i raggi calorifici, la cui intensità dipende dalla temperatura di questi corpi, dallo stato delle loro superficie, e dall'inclinazione maggiore o minore dei raggi sulle stesse superficie; e nel medesimo tempo essi ricevono i raggi emessi dagli altri corpi, de' quali una parte è assorbita, e l'altra è reflessa. Or secondochè la quantità di calorico emessa da ciascuno di essi è più grande, uguale, o più piccola di quella che essi assorbono, questi corpi si raffreddano, conservano la loro temperatura, o si riscaldano; ed a questo modo si stabilisce tra essi un equilibrio di temperatura.

Il Signor Prevost coll'ajuto di questa teorica diede una facile spiegazione dell' esperimento eseguito dai Sig. Saussure e Petit. Se in luogo del corpo caldo, nell'esperimento d'innanzi descritto, si mette la neve nel fuoco dello specchio, si osserverà un abbassamento di temperatura nel termometro posto nel fuoco dell' altro specchio. Senza ammettere l'esistenza di un fluido frigorifero capace di reflessione al pari del calorico, come

taluni Fisici avevano ideato; Prevost ne fa dipendere la dimostrazione dalla proprietà che hanno tutt' i corpi di di emettere ed assorbire il calorico raggiante, finchè si stabilisce un perfetto equilibrio di temperatura tra essi; e siccome, in questo caso il bulbo del termometro fa da corpo caldo, perciò esso si scarica progressivamente delle quantità di calorico, e soffre per conseguenza un abbassamento di temperatura, mentrechè nel fuoco dello specchio opposto succede la fusione nel ghiaccio. Nei corpi che sono in contatto l'equilibrio di temperatura si stabilisce in essi come se fossero molecole dello stesso corpo; la celerità con cui si esegue, è nella ragione dei punti di contatto, e della maggiore o minore facilità con cui sono attraversati dal calorico, che dicesi conducibilità.

103. L'aria ed i gas sono facilmente attraversati dal calorico, come abbiamo detto parlando del calorico raggiante; ma in questo passaggio una parte n'è assorbita dall'aria, la quale è maggiore a proporzione che la temperatura dei corpi raggianti è più bassa. Il riscaldamento dell'aria e degli altri gas ha luogo principalmente pel contatto dei corpi solidi, e pel loro facile movimento, risultante da ineguaglianza di densità, prodotta dall'azione della temperatura. Di fatti se s'immerge nell'aria o in un gas un corpo solido riscaldato, i strati di aria che lo circondano si riscaldano, e divenendo specificamente più leggieri degli altri si elevano, ed il loro posto è rimpiazzato da altri, i quali riscaldati ugualmente si elevano; in tal modo si stabiliscono nella massa aeriforme due correnti una di aria calda ascendente, e l'altra di aria fredda discendente, ed all'azione di queste

correnti si deve la trasmissione del calorico in tutta la massa. Questa è la ragione per cui una massa aeriforme non si riscalda coll'applicazione di un corpo caldo situato nella sua sommità, perchè i strati sottoposti non si mettono mai in contatto col corpo caldo. Nei liquidi l'irraggiamento da molecola a molecola è ugualmente difficile, poichè per essi pure non avviene il riscaldamento da alto in basso, e con difficoltà i strati liquidi posti a molta profondità sono investiti dal calorico raggiante. Il riscaldamento più consueto nei liquidi si effettuisce allo stesso modo che nei gas, essendo prodotto dall'ineguaglianza di temperatura al pari di questi nei diversi strati liquidi, il che produce ineguali densità. Di fatti quando un liquido è riscaldato nella sua parte inferiore si stabiliscono due correnti una di strati caldi ascendenti, e l'altra di strati freddi discendenti; il che si può facilmente osservare mettendo nel liquido corpicciuoli solidi coloriti, di densità presso a poco uguale a quella del liquido; si osserva che quei corpicciuoli che sono investiti dalla corrente del liquido caldo ascendono, e quelli inviluppati dal liquido freddo discendono.

104. La propagazione del calorico nei corpi solidi non ha luogo come nei liquidi, dacchè le loro molecole sono invariabilmente legate tra loro; perciò in questi si effettuisce per irraggiamento da molecola a molecola.

La facoltà conduttrice dei corpi solidi pel calorico è varia, giacchè ognuno conosce che se una bacchetta di vetro è in fusione in uno de'suoi punti, a piccola distanza da questo punto può maneggiarsi senza verun incomodo; e tutto giorno osserviamo che un pezzo di legno o di carbone, che è in combustione in un estremo si maneggia

senza incomodo nell'altro estremo; mentrechè se l'estremità di una verga di ferro è arroventita, ad una gran distanza soltanto la mano può sostenerne la temperatura. Si può osservare questa diversa proprietà conduttrice del calorico nei diversi corpi, mediante un semplicissimo apparecchio, che consiste in una cassetta rettangolare di latta, fornita lateralmente di diversi tubi di ugual diametro, nei quali si conficcano cilindri di ugual diametro e lunghezza, che si vogliono assoggettare all'esame; le estremità esteriori di questi tubetti, s'intingono nella cera fusa, di modochè il piccolo strato di cera da cui restano rivestiti, dopo il raffreddamento, giunga alla stessa altezza in tutt'i cilindri. Riempita la cassetta di olio bollente, il calorico trasmettendosi con diversa facilità per i cilindri fa sì, che i strati di cera situati sul cilindro il più conduttore, saranno i primi a fondersi; avendo successivamente luogo la fusione degli altri nell'ordine della loro conducibilità pel calorico.

Dagli sperimenti del Sig. Inghenouse conosciamo che l'oro e l'argento sono tra i metalli i migliori conduttori, indi il rame, lo stagno, ed il platino, e poco dopo il ferro, l'acciajo, ed il piombo. Il vetro e la porcellana sono di molto inferiore conducibilità dei metalli.

Dagli sperimenti più recenti fatti dal Signor Despretz la facoltà conduttrice delle sostanze qui appresso notate può essere rappresentata dai numeri che l'affiancano.

Oro	1000.
Argento	973.
Rame	892. 2

Ferro	374. 3
Zinco	363. 0
Stagno.	303. 9
Piombo	179. 6
Marmo	23. 6
Porcellana.	12. 2

Il carbone di legna, ch'è stato fortemente calcinato, e l'aria immobile sono ancora più cattivi conduttori del mattone. Ma di tutt'i corpi quei che danno più difficilmente passaggio al calorico sono le masse filamentose, che si toccano per un piccol numero di punti, come la paglia, la lana, il cotone, la stoppa, la lanugine ecc. quale proprietà può attribuirsi alla immobilità dell'aria.

105. Da queste conoscenze possiamo ricavarne le seguenti utili applicazioni. 1.° Per apportare una economia di calorico, e per esso un risparmio di combustibile sarà necessario circondare l'interno dei fornelli di sostanze poco conduttrici del calorico, guarnendone gli spazi vuoti, con rivestirli internamente di mattoni refrattarii, carbone calcinato, masse filamentose ecc. 2.° I vasi nei quali si mettono ad evaporare i liquidi, o in cui si fan bollire, bisogna che abbiano il fondo e l'apertura larghissimo, per assoggettare una superficie maggiore all'azione del calore ed all'aria; ed è anche opportunissimo saldare nel fondo del vase alcune sottili lamine o fili di metallo per esser questi migliori conduttori del calorico dei liquidi. 3.° Che la superficie esteriore dei vasi lungi dall'essere levigata e pulita, debba essere

piuttosto scabra, ed annerita, per far sì che i raggi calorifici siano assorbiti per la maggior parte.

Del calorico Latente.

116. Quando il calorico fa azione su di un corpo produce due effetti distinti; cioè l'elevazione di temperatura e l'allontanamento delle molecole, dando luogo alla dilatazione del corpo. Questi due effetti possono considerarsi prodotti da due quantità di calorico separate, delle quali una produce l'aumento di temperatura del corpo, e l'altra la sua dilatazione, ovvero l'allontanamento delle sue molecole. La prima è stata distinta col nome di calorico sensibile o libero, la seconda è il calorico latente. Perciò possiamo dire che il calorico latente di un corpo è la porzione del suo calorico, che produce l'allontanamento delle sue molecole:

La dilatazione dei corpi si manifesta in una maniera sì evidete, che sembra quasichè superfluo rapportarne gli sperimenti.

Una spranga metallica che misura esattamente, o con la sua lunghezza, o con la sua larghezza lo spazio frapposto tra due colonnette di marmo o di cristallo, riscaldandosi si distende da non potervi più penetrare. Più sollecita ed evidente riesce la dilatazione de'liquidi; dapoicchè immesso uno di essi in una boccettina terminata da lungo e stretto tubo, fino ad occupare porzione del tubo; all'azione di leggiero calore si osserva che il liquido cresce di volume. La dilatazione nei corpi aeriformi è molto più sensibile e patente; di fatti se in una vescica s'introduce una porzione di aria, riscaldan-

dola successivamente, l'aria si dilata da far gonfiare la vescica, e anche romperla.

107. La dilatazione comparativa dei metalli si potrebbe osservare mediante il pirometro a spranghe metalliche, se la sua costruzione non lo facesse andar soggetto ad errori inevitabili. Esso consiste in due sostegni di metallo piantati su di una tavoletta di legno; la spranga metallica da sperimentare, con uno dei suoi estremi s'incastra in uno de' detti sostegni, e coll'altro fa azione su di un meccanismo di leve e ruote, che comunicano il movimento ad un indice posto in un quadrante circolare graduato. Il calorico prodotto da un numero determinato di lucerne a spirito di vino o ad olio, che agiscono al di sotto della spranga, la fa distendere, e ne è marcata la distensione dall' indice sul quadrante circolare. Sostituendo spranghe di differenti metalli, ma di uguali dimensioni, e per tempi perfettamente uguali, si ha il diverso rapporto di dilatazione tra i medesimi. Il contatto immediato della spranga sì con i sostegni, che col meccanismo di rotaggi e leve è la principale cagione di errore in questo apparecchio, giacchè buona porzione del calorico si distrae propagandosi in questi corpi.

I Signori Lavoisier e Laplace, mediante un apparecchio ingegnosissimo, e di una gran precisione, hanno determinata la dilatazione assoluta di diversi corpi, dalla temperatura del ghiaccio fondente fino a quella dell'ebollizione per ciascun grado del termometro centigrado. La tavola seguente contiene i risultati de' loro sperimenti, espressi in frazioni ordinarie e decimali della loro lunghezza.

NOMI DELLE SOSTANZE	DILATAZIONE PER CIASCUN GRADO DEL TERMOMETRO CENTIGRADO
Tubo di vetro senza piombo . .	$1/114191$ = 0. 00000875
Flint-glas inglese	$1/124834$ = 0. 00000801
Vetro di Francia con piombo. .	$1/114680$ = 0. 60000871
Rame	$1/58057$ = 0. 00001722
Ottone	$1/53537$ = 0. 00001866
Ferro dolce frongiato	$1/81300$ = 0. 00001221
Ferro trafilato rotondo. . . .	$1/81157$ = 0. 00001232
Acciaio non temperato. . . .	$1/92700$ = 0. 00001078
Acciaio temperato giallo ricotto a 65°	$1/80674$ = 0. 00001239
Piombo	$1/35108$ = 0. 00002848
Stagno delle Indie, o di Malaga .	$1/51609$ = 0. 00001937
Stagno di Falmouth	$1/46161$ = 0. 00002166
Argento di coppella	$1/52363$ = 0. 00001909
Argento al titolo di Parigi . .	$1/52392$ = 0. 00001908
Oro di spartimento, o separato dall'argento	$1/68002$ = 0. 00001466
Oro al titolo di Parigi non ricotto.	$1/64442$ = 0. 00001551
Oro al titolo di Parigi ricotto. .	$1/66067$ = 0. 00001513
Ferro fuso secondo il Magg. Gle. Ray	$1/90100$ = 0. 00001109
Platino secondo Borda. . . .	$1/116748$ = 0. 00000856

I Signori Doulong e Petit con apparecchi di una grande esattezza hanno ottenuto i risultati seguenti: Platino da 0° a 100 $1/1131$ = 0. 00088, da 0° a 300 $1/363$ = 0. 002754: Vetro da 0° a 100° $1/1116$ = 0. 000896, da 0° a 200 $1/544$ = 0. 001838, da 0° a 300 $1/32$ = 0. 003039: Ferro da 0° a 100° $1/846$ = 0. 001182. da 0° a 300 $1/347$ = 0. 004405: Rame da 0° a 100° $1/580$ = 0. 001718, da 0° a 300° $1/177$ = 0. 005649.

Mediante la tavola di dilatazione si può facilmente trovare l'aumento in lunghezza che soffre un corpo cagionato dall' accrescimento di un numero qualunque di gradi della sua temperatura; e per far ciò basta moltiplicare la lunghezza del corpo per la dilatazione lineare espressa nella tavola, e pel numero di gradi di aumento della sua temperatura. Di fatti supponiamo che una spranga di ferro alla temperatura di 30° fosse della lunghezza di dodici canne, vogliamo trovare quale sarebbe l'aumento della lunghezza alla temperatura di 80.° Nella prima tavola la dilatazione del ferro per l'unità di lunghezza, e per un grado del termometro centigrado, è di 0. 000011; perciò sarà l'aumento della sua lunghezza prodotto dall'aumento di temperatura di 50° $= 12 \times 0.000011 \times 50 = 0.0066$ di canna.

108. Quantunque le indicazioni precedenti non diano che la dilatazione lineare, pur tuttavia potendosi questa applicare all'aumento sì in lunghezza, che in larghezza, ed in profondità, ammettendo la distensione de'corpi uniforme nelle tre dimensioni; perciò possiamo mediante le medesime conoscenze determinare l'aumento in volume di un corpo, moltiplicando il suo volume per triplo della sua dilatazione lineare, e per l'aumento della temperatura. Di fatti se si cerca l'aumento in volome di una massa di piombo di due canne cubiche, che dalla temperatura di 20° del termometro centigrado sia passata a quella di 120° del medesimo termometro, si avrà $2 \times 0.00002848 \times 3 \times 100 = 0.017088$ di canna cubica.

109. Al pari dei corpi solidi i liquidi si dilatano, e si restringono per le variazioni di temperatura. Per stu-

diare le leggi di dilatazione dei liquidi, l'apparecchio più semplice consiste in un tubo di vetro capillare ben calibrato, al quale è gonfiata una pallina in una delle sue estremità, la di cui capacità è conosciuta per rapporto a quella del tubo, e la lunghezza di questo è divisa in parti uguali che diconsi gradi. Si riempie la pallina perfettamente del liquido che vuolsi assoggettare all'esame, e si porta l'apparecchio in un bagno la di cui temperatura sia ben conosciuta. Il liquido dilatandosi ascenderà nel tubo, e dal numero dei gradi che vi si eleverà, si giudicherà di qual parte del suo volume primitivo si è disteso. Ed eccoci al fatto: supposto che la capacità della palla sia uguale al cubo di un quarto di palmo, e che la capacità del tubo capillare annesso alla medesima sia la centesima parte della capacità della palla, e sia divisa in trenta parti uguali; riempita la palla esattamente di liquido alla temperatura di zero, e trasportato l'apparecchio in un bagno alla temperatura di 20°; se il liquido ascenda nel tubo fino all'altezza di dodici gradi, si conosce chiaramente che l'aumento di volume sofferto dal liquido pel passaggio dalla tempesatura di zero a quella di 20° è uguale a $^{12}/_{30}$ di $^{1}/_{100}$ del suo volume primitivo, perchè il liquido pel cambiamento di temperatura di 20° si è innalzato nel tubo fino ad occupare dodici parti o gradi, delle trenta parti in cui è stata divisa la sua totale lunghezza; e per conseguenza ha occupato $^{12}/_{30}$ della sua intera capacità, la quale è di $^{1}/_{100}$ del volume della palla, perciò il liquido si è disteso di $^{12}/_{30}$ di $^{1}/_{100}$ del suo volume primitivo, uguale a $^{12}/_{3000}$.

Questo modo di operare esige certe precauzioni, e

correzioni senza di che i risultati sarebbero inesatti 1.° Bisogna che il liquido, che s' introduce nella palla sia preventivamente ben purgato di aria, perchè questa dilatandosi più del liquido apporterebbe una dilatazione maggiore di quella che dovrebbe essere; il che può ottenersi assoggettandolo all' ebollizione. 2.° Riempita la palla di liquido è necessario chiudere ermeticamente l'estremità del tubo alla lampada, per impedire che il liquido evapori; potendo i liquidi evaporare a qualunque temperatura in contatto dell' aria, il che apporta una minorazione del medesimo. 3.° È necessario dare una correzione ai risultati, ed aumentare la loro dilatazione, o il loro restringimento, secondochè l'apparecchio si è assoggettato a temperature più elevate, o più basse, di quanto è l' aumento o il restringimento del volume della palla e del tubo; correzione che se non si può eseguire colla massima esattezza, peraltro se li darà un compenso prudenziale.

100. La dilatazione dei liquidi si può ancora conoscere determinando esattamente il peso di un medesimo volume di liquido a differenti temperature, secondo il metodo di Klaproth, e coll' aiuto del calcolo si potrà conoscere il volume della stessa massa di liquido a differenti temperature. Così supponiamo che un volume di liquido a 0° pesi 48 trappesi, e lo stesso volume a 35° pesi 42 trappesi; si domanda quale sarebbe l' aumento del secondo volume per corrispondere al peso del primo; il che si ha istituendo la seguente proporzione, se 42 trappesi occupano un volume a 35°, 48 trappesi alla medesima temperatura qual volume occuperanno? si avrà $^{48}/_{42} = 1\ ^{6}/_{42} = 1\ ^{1}/_{7}$; perciò l'aumento per l'av-

vanzamento di temperatura è di $^1/_7$ del volume primitivo.

È necessario con questo metodo ugualmente correggere il risultato, per la dilatazione che soffre il cristallo in corrispondenza dell'aumento di temperatura.

Di tutti i metodi conosciuti quello che può dare la maggior esattezza, perchè i risultati sono esenti da correzioni, è quello eseguito mercè un apparecchio semplicissimo, che consiste in un tubo orizzontale BC di un certo diametro, (Fig. 51.), alle cui estremità sono saldati ad angolo retto due altri tubi BA e CD ; ed il tutto accomodato su di una tavoletta di legno SR. I due tubi verticali BA e CD sono circondati da due tubi di cristallo di maggior diametro, saldati a mastice nella loro base colla tavoletta, per potersi riempire agevolmente di un liquido a diverse temperature; ed è opportuno riempire il fondo di questi tubi di mastice fino all'altezza di un pollice circa, per ricoprire bene la porzione del tubo orizzontale BC, onde esentarlo dall'influenza della temperatura del liquido posto nei tubi di maggior diametro. La teorica di quest'apparecchio è basata sulla legge stabilita in idrostatica; che se due liquidi di diversa densità s'introducono nelle braccia di un tubo curvo, le loro elevazioni sono nella ragione inversa delle loro densità. Perciò se si empie il tubo ABCD del liquido di cui si vuol determinare la dilatazione; qualora la temperatura delle due braccia è la stessa, i livelli sono alla medesima altezza; ma se le due braccia del tubo sono assoggettate a diverse temperature, il che si può ottenere riempiendo uno dei cilindri di cristallo di un liquido ad una temperatura de-

terminata, si osserverà una elevazione maggiore nel braccio del tubo assoggettato a temperatura più alta; e la differenza nell'altezza del livello indicherà la dilatazione sofferta da quella quantità di liquido assoggettata a temperatura maggiore. Si potrà anche osservare il restringimento assoggettando una delle braccia del tubo a temperatura più bassa; il che si ottiene introducendo in uno dei cilindri una miscela frigorifera prendendo conto dell' abbassamento di temperatura. L' altezza delle colonne di liquido, e la differenza di livello possono essere indicate da una scala divisa in parti di una misura lineare qualunque, eseguita colla massima esattezza.

111. Da ripetute osservazioni fatte sulle dilatazioni di diversi liquidi si è dedotto, che la dilatazione dei liquidi aumenta coll'aumento di temperatura; ma questo accrescimento di volume non è proporzionale al cambiamento di temperatura; dappoichè l'aumento in volume, che soffre un liquido pel passaggio dalla temperatura di 15° a 25° del termometro centigrado, non corrisponde all' aumento che soffre lo stesso liquido pel passaggio dalla temperatura di 25° a 35° dello stesso termometro; essendo la dilatazione maggiore a proporzione che il liquido si trova a temperatura più elevata, non ostante che l'aumento di temperatura sia lo stesso; e nelle temperature prossime a quelle del cangiamento di stato, come a quelle prossime alla loro ebollizione e congelazione, i liquidi soffrono grandi anomalie nella loro dilatazione e restringimento.

112. Le dilatazioni che soffre il mercurio tra la temperatura di — 36° fino a + 100° sono quasi uniformi per ciascun grado di temperatura. E dietro le osserva-

zione dei signori Dulong e Petit, il mercurio si dilata per ogni grado del termometro centigrado da 0° a 100° di $^1/_{5550}$; da + 100° a + 200° di $/_{5425}$; da + 200° a 300° di $^1/_{5300}$. Questi risultati si hanno quando il mercurio trovasi chiuso nel vetro.

Noi daremo una tavola contenente la dilatazione assoluta dei liquidi più usitati, tra la temperatura di 0° a 100°, in parti del loro volume, essendo il loro volume a 0° = 1.

NOMI DELLE SOSTANZE.	DILATAZIONE DA 0° a 100°
Acido Idro-clorico (peso spec. 1. 137)	0. 06000
Acido nitrico (p. s. 1. 40)...........	0. 1100
Acido solforico (p. s. 1. 83).........	0. 0600
Alcool....................................	0. 1100
Acqua....................................	0. 0466
Acqua satura di sal comune...........	0. 0500
Etere solforico..........................	0. 0700
Olio d'olivo..............................	0. 0800
Olio di terebinto........................	0. 0700
Mercurio da 0° a 100°.................	0. 016018
Mercurio da 100° a 200°..............	0. 0184331
Mercurio da 200 a 300.................	0. 0188679

Per mettere in piena evidenza l'accrescimento della dilatazione dei liquidi a misura che la temperatura aumenta, abbiamo creduto opportuno soggiungere la tavola seguente.

TAVOLA

Del restringimento progressivo di alcuni liquidi da 5 a 5 gradi del termometro centigrado, rappresentando il loro volume per 100 alla temperatura della loro ebollizione, essendo l'ebollizione dell'acqua a 100°, quella dell'alcool a 78.° 41, quella del solfuro di carbone a 46.° 60, e quella dell'etere a 35°,66.

TEMPERATURA	ACQUA	ALCOOL	SOLFURO DI CARB.	ETERE SOLF.
Da 75° a 70°	36. 76	80. 11		
Da 70° a 65°	35. 47	75. 48		
Da 65° a 60°	31. 02	70. 74		
Da 60° a 55°	32. 42	65. 96	66. 21	
Da 55° a 50°	30. 60	61. 02	61. 14	78. 48
Da 50° a 45°	28. 56	56. 02	56. 28	72. 01
Da 45° a 40°	26. 50	50. 85	51. 08	65. 48
Da 40° a 35°	24. 10	45. 68	45. 77	58. 77
Da 35° a 30°	21. 52	40. 28	40. 48	52. 05
Da 30° a 25°	18. 85	34. 74	35. 06	46. 42
Da 25° a 20°	16. 06	29. 15	29. 65	39. 14
Da 20° a 15°	13. 15	24. 34	23. 80	31. 83
Da 15° a 10°	10. 50	17. 51	17. 58	24. 16
Da 10° a 5°	6. 61	11. 43	12. 01	16. 17
Da 5° a 0°	3. 34	0. 55	6. 14	8. 15

113. Se i solidi e i liquidi si dilatano colle addizioni di calorico, i fluidi aeriformi ne risentono con molta più energia la sua azione; essendo in essi minorato in sommo grado la forza di coesione, e quasicche distrutta; e di ciò sperimenti semplicissimi possono convincercene. Di fatti se si prende una vescica di castrato o di altro animale, sfloscita per la maggior parte, e perfettamente chiusa nella sua apertura, all'azione del ca-

lorico si aumenta di tanto il volume di aria che contiene fino a gonfiarla completamente.

La dilatazione dei gas, a differenza dei corpi solidi e liquidi, è uguale per ciascun grado termometrico, ed è uniforme per tutt'i gas. Questa legge interessante scoverta contemporaneamente dai signori Dalton, e Gay-Lussac, può esser comprovata mediante un tubo di cristallo di piccol diametro ben calibrato nel suo interno, e diviso in parti uguali; aperto ad una delle sue estremità, e terminato nell'altra da una palla, di cui la capacità sia ben conosciuta, e conosciuto ben anche il rapporto della capacità della palla colle divisioni del tubo. Questo rapporto si determina pesando il tubo vuoto, indi se ne riempie la palla di mercurio, riscaldandola, ed immergendo immediatamente l'estremità del tubo in questo metallo; si pesa di bel nuovo il tubo, e da questo peso si sottrae il peso del tubo vuoto, il residuo darà il peso del mercurio contenuto nella palla; con lo stesso modo si determina il peso del mercurio contenuto in un dato numero di divisioni del tubo, che essendo tutte della stessa capacità; si avrà facilmente il rapporto tra la capacità della palla, e la capacità di una delle divisioni, nel rapporto del peso del mercurio contenuto nella palla, al peso del mercurio contenuto in una delle divisioni del tubo.

Per eseguire lo sperimento è necessario una cassetta di latta chiusa (Fig. 52), che abbia agli estremi della sua lunghezza due tubi per dar esito ai vapori, e nel mezzo altra piccola apertura per introdurvi un termometro, onde marcare le diverse temperature.

Si riempie la palla e porzione del tubo di aria secca,

e s' introduce nel tubo una piccola colonna di mercurio, sì per intercettare l'aria posta nella palla, come ancora per servire da indice; quindi si situa orizzontalmente nella cassetta di latta, facendo passare il tubo per un sughero posto in un buco praticato lateralmente nella cassetta, ed in modo che ne resti fuora quella porzione di esso interposto tra la colonnetta di mercurio ed il suo estremo; si ricopre di ghiaccio fondente la palla, e la porzione del tubo interposta tra la palla e l'indice; l'aria si condensa, e l' indice si avvicina alla palla finchè giunge ad un punto nel quale si arresta; questo punto si marca zero. Di poi si riempie la cassetta di acqua, e si riscalda fino a 10°, indi da 10° a 20°, da 20° a 30° ecc. e così fino a 100°, osservando con accuratezza l'andamento dell'indice; che segna la dilatazione progressiva dell'aria. Si osserva che questo fluido si dilata ugualmente nel passare da 0° a 10°, da 10° a 20°, a 30°; e finalmente nel passare da 0° a 100° si dilata di 0. 375 del suo volume. E siccome la dilatazione è uniforme da 0° a 10°, da 10° a 20°, da 20° a 30° ecc. ne risulta che l' aria si dilata per ciascun grado di 0. 00375 = $1/266.67$ del suo volume che occupa a zero.

Questi risultati sono dovuti al Sig. Gas-Lussac, e sono stati verificati da sperimenti posteriori. Il Signor Dalton trovò 0. 372 per la dilatazione assoluta da 0.° fino 100.°

Affinchè l' esperimento sia eseguito con esattezza, è necessario introdurre il tubo nella cassetta di latta, a misura che l' aria si dilata, facendo in modo che l' indice sia sempre a livello della sua parete, sì per aver sem-

pre presente l'andamento dell'indice, come ancora per far sì che tutta la massa di aria su cui si opera soggiaccia alla stessa temperatura; senza quest'avvertenza i risultati sarebbero erronei.

Per maggior chiarezza supponiamo, che ciascuna divisione del tubo sia uguale $^1/_{266.67}$ della capacità della palla, che la palla sia piena di aria a zero, che l'indice sia situato nel principio del tubo dalla parte della palla, e che s'innalza la temperatura progressivamente di 1°, 2°, 4°, 10°, 30° ecc; si osserverà che l'aria si dilata progressivamente occupando 1, 2, 4, 10, 30 ec. divisioni del tubo; il che dà piena dimostrazione che la dilatazione si esegue secondo la legge indicata.

114. Le dilatazioni dei differenti gas seguono la stessa legge. Per provarlo basta prendere due tubi di vetro chiusi ad una delle loro estremità, graduati colla massima esattezza, e di dimensioni perfettamente uguali; posti nell'apparecchio a mercurio, s'introduce in uno un dato volume di aria, e nell'altro lo stesso volume di gas; trasportato l'apparecchio in una stufa, affinchè se li potesse dare una temperatura a piacere ma uniforme, onde osservare l'andamento della dilatazione; si vedrà che la dilatazione è uniforme nell'aria e nel gas, e perciò la legge è applicabile a tutt'i gas.

I risultati che si hanno da queste osservazioni è necessario che si assoggettino a correzioni, sì per l'allungamento o restringimento che soffre il vetro sì della palla che del tubo, come ancora bisogna tener conto della pressione atmosferica, qualora non è stata uniforme nelle diverse osservazioni; avendo su di ciò presente la legge di Mariotte, che i volumi dei gas sono nella

ragione inversa dei pesi da cui sono compressi qualora la loro temperatura è costante.

I signori Petit e Dulong nei loro belli sperimenti sul calorico hanno dimostrato per mezzo di nuove osservazioni, che l'uguaglianza di dilatazione tra i differenti gas, che il signor Gay-Lussac aveva riconosciuto tra il limite del ghiaccio fondente, e quello dell'acqua bollente, si estende tra i limiti di 36° sotto zero e 300° sopra zero del termometro centigrado.

La dilatazione dell'aria pel calore è la principale cagione del movimento dell'aria, ossia della produzione dei venti, ed è la cagione unica del movimento dell'aria nelle stufe, e nei diversi apparecchi addetti a riscaldare.

Cangiamento di stato.

115. Finora abbiamo studiato la dilatazione che il calorico apporta nei diversi corpi; è necessario dire qualche cosa sulla sua azione nell'apportare il cangiamento di stato nei corpi.

Un corpo solido essendo riscaldato fino ad un certo grado la coesione delle sue molecole s'indebolisce, e diventano queste suscettibili di cangiar situazione rispettivamente, a buon conto il corpo si liquefà. Il passaggio dallo stato solido allo stato liquido, operato dal calorico, vien distinto col nome speciale di fusione, e la temperatura necessaria ad ottenere questa conversione è varia secondo i diversi corpi. Taluni si fondono prima di divenir roventi, altri hanno bisogno di un grado di calore molto più elevato, ed altri rimangono infusibili ancorchè assoggettati al più alto grado di calore che

possiamo produrre. Di fatti il mercurio è fuso a —36°, l'acqua a 0°, la cera a + 65°, lo stagno a + 226°, il piombo a + 312°, il rame a + 2530°, ed il ferro a 120° del pirometro di Wedgwood ecc.

116. Se si eleva dippiù la temperatura di un corpo fuso, la coesione delle sue molecole diminuisce anche dippiù, e prende la forma di aria o di gas, avverandosi il fenomeno dell' ebollizione; che consiste nello svolgimento delle bolle di gas in cui si converte il liquido, le quali attraversano la massa e si vanno a rompere alla sua superficie.

La temperatura necessaria all' ebollizione varia ancora per ciascun corpo; per esempio l' etere bolle a + 36°, l' alcool a + 78°, l' acqua a + 100, l' acido solforico a + 326°, ed il mercurio a + 360. Perciò i liquidi non possono riscaldarsi ad un grado superiore di quello nel quale entrano in ebollizione; dappoichè tutto il calorico che vi si aggiunge al di là di questo, s'impiega a convertirne porzione allo stato di gas.

117. La temperatura alla quale un liquido bolle nell' atmosfera varia in ragione del grado di pressione che questa esercita, e del grado di pressione della colonna di liquido che la sovrasta; dapoichè queste pressioni si oppongono col loro peso alla sua conversione in gas; perciò quando la pressione atmosferica e l' altezza della colonna di liquido aumentano, la forza che produce queste bolle, ch' è il grado di temperatura, deve anche crescere.

Questa è la ragione per cui i liquidi bollono a temperatura più bassa nel vuoto che nell' aria libera. Nel vuoto l'acqua si può far bollire a qualunque temperatu-

ra al di sopra di zero; purchè si abbia l'avvertenza di mantenere lo strato inferiore del liquido più caldo di quello alla superficie per alcuni gradi. Perchè in questo caso l'acqua si trasforma in gas nel fondo del vase, e nell'attraversare la massa liquida dà il fenomeno dell'ebollizione.

Gay-Lussac ci ha fatto conoscere che i liquidi si convertono più facilmento in gas quando sono in contatto colle superficie angolose o ineguali, di quando queste superficie sono lisce e polite. Questa è la ragione per cui l'acqua bolle ad una temoeratura di un grado e terzo più bassa nei vasi di metallo che nei vasi di vetro, potendosi in questi anche abbassare il grado di ebollizione con mettervi nel fondo qualche corpo ruvido, come vetro polverizzato, o altro.

118. I liquidi capaci di volatilizzarsi si convertono in gas a qualunque temperatura sieno esposti. Faraday dimostrò che una foglia di oro, posta sull'apertura di un fiasco, in cui vi era una goccia di mercurio alla temperatura di circa 20°, si convertì in amalgama dopo alcuni giorni; ed a 0° avvenne soltanto quando la foglia di oro era posta vicinissima al mercurio. Osserviamo continuamente che l'acqua, ed altri liquidi esposti in vasi aperti alla temperatura ordinaria, mancano di volume progressivamente, fino a disseccarsi completamente; perciò non bisogna considerare l'ebollizione come la sola via per convertire i liquidi allo stato aeriformi. Per altro la conversione si effettuisce più facilmente ed in maggior quantità a proporzione che si assoggettano a temperatura più elevata, che la superficie del liquido e più estesa, che la pressione atmosferica è mi-

nore, che il liquido è più volatile, e che l'aria circostante è più agitata. Queste conoscenze bisogna aver presente trattandosi dell'evaporazione dei liquidi.

Dei Termometri.

119. La dilatazione dei corpi pel calorico ci fornisce gli strumenti atti a misurare le diverse temperature, che sono detti termometri. Tutti i corpi cangiano di volume coll'aggiunzione di calorico, ma non tutti sono opportuni per marcare le temperature, perchè non risentono le debboli impressioni, e ritornano allo stato di prima subitochè la cagione cessa di agire; nè tutte si dilatano uniformemente per uguali aggiunzioni successive di calorico.

Trascurando tutto ciò che si è praticato dai Fisici per indicare le diverse temperature, ci limiteremo a descrivere i termometri che tutt'ora riscuotono l'approvazione.

Fin dal principio del diciottesimo secolo quasi contemporaneamente Farenheit e Reaumur diedero la costruzione esatta di questo strumento. Esso consiste in un tubetto di cristallo ben calibrato nel suo interno, ad una delle cui estremità è soffiata una piccola pallina, che unita ad una porzione del tubo si riempie di mercurio ben purificato colla distillazione. Per introdurre il mercurio nel tubo si riscalda la pallina esponendola al fuoco, l'aria si dilata ed esce in buona parte per l'estremità aperta del tubo, tale estremità si tuffa immediatamente nel mercurio; col raffreddamento l'aria della palla si condensa, e l'esterna pressione fa salire

una porzione di mercurio nel tubo; ripetendo più volte la stessa operazione si riempie la pallina e porzione del tubo di mercurio; esso si vuota di aria riscaldandolo fortemente, per tale effetto la colonna di mercurio occuperà tutta la lunghezza del tubo, ed in questo stato si chiude l'estremità di questo al cannello. Rimane a segnarsi la scala dello strumento; or siccome si hanno due temperature costanti cioè quella del ghiaccio che fondesi, e quella dell'ebollizione dell'acqua. In alcuni casi il ghiaccio formasi a temperature differenti, ma il suo grado di fusione è sempre lo stesso. La temperatura dell'ebollizione è per altro costante per l'acqua pura posta in vase di rame, ed èsposta alla stessa pressione atmosferica, che ordinariamente si prende quella di 76 centimetri. Immergesi quindi il termometro nel ghiaccio pesto, il mercurio si abbassa nel tubo, e resta stabile ad un certo punto, che si segna e chiamasi punto di congelazione; in seguito si passa nell'acqua bollente, il mercurio s'innalza nel tubo fino ad un certo punto nel quale resta fisso, che chiamasi punto di ebollizione. La distanza tra il punto di congelazione, e quello di ebollizione chiamasi distanza fondamentale. Se questa distanza si divide in 80 parti uguali, e si continua la divisione in parti uguali a quelle della distanza fondamentale sì al di sotto del punto di congelazione, che al di sopra del punto di ebollizione, si ha il termometro di Reaumur o di Deluc. Se la distanza fondamentale si divide in 180 parti uguali, e si continua la divisione in parti uguali sì al di sopra del punto di ebollizione, che al di sotto del punto di congelaziane, e si marca zero il 32° al di sotto del punto di congelazione naturale, si

ha il termometro di Farenheit; e si avrà quello centigrado se la distanza fondamentale si divide in cento parti uguali uniformandolo al sistema decimale, siccome molto tempo prima praticò Celsius. (V. Fig. 53).

120. In vece del mercurio può anche adoperarsi l'alcool, perchè solo questi liquidi sono stati finora impiegati per la costruzione dei termometri liquidi. Il termometro ad alcool utilissimo nelle basse temperature, per la difficoltà che ha di congelarsi, e per la maggior sensibilità di cui è dotato, non può servire per temperature elevate, al di la di 40° a 50° sopra zero; dappoichè vaporizzandosi non solo darebbe false indicazioni, ma potrebbe apportare la rottura dello strumento. I termometri a mercurio sono comodissimi per indicare re le temperature da 36° circa sotto zero fino a circa 300 sopra zero, ma al di là non sono servibili; giacchè allo stato di ebollizione, o prossimo ad esso il mercurio è al caso di produrre gli stessi inconvenienti dell'alcool. Oltre a ciò i termometri a mercurio hanno un altro vantaggio su quelli ad alcool; ed è che siccome la dilazione del mercurio, a differenza di tutti gli altri liquidi, è quasi uniforme particolarmente tra il limite di 36° sotto zero e + 100°, perciò le sue indicazioni sono molte più esatte; dippiù il mercurio si può con facilità ottenere della stessa natura, e purgato di aria; ed essendo miglior conduttore del calorico, assume più prontamente la temperatura del corpo in esame.

Una delle principali avvertenze che bisogna avere nella scelta del termometro, si è di assicurarsi che l'interno del tubo sia ben calibrato, e che sia ben purgato di aria; il calibro interno non può verificarsi che nella

sua costruzione, ma possiamo facilmente accertarci se mai sia purgato di aria, capovolgendo il termometro colla palla in su; se il mercurio cade immediatamente, e come suol dirsi fa il martello, è segno che l'aria n'è stata scacciata perfettamente.

La grandezza del bulbo del termometro, e quella del tubo sono arbitrarie; pur non per tanto per gli sperimenti delicati è opportuno avere un termometro con tubo stretto e con la pallina di picciol volume; poichè avvicinandolo ad un corpo per esaminarne la temperatura ne assorbe una data quantità di calorico in corrispondenza del mercurio che contiene, e fino a che si stabilisce un equilibrio di temperatura; perciò il corpo cambia di temperatura o in eccesso o in difetto, e questo cambiamento è più grande per quanto è più piccolo il corpo; perciò la temperatura osservata sarà diversa dalla temperatura reale del corpo prima dell'esperimento, e questa differenza si minora impiegando un termometro con bulbo piccolissimo e con tubo stretto.

Vennero anche costruiti alcuni termometri metallici stabiliti sulla ineguale dilatazione che manifestano due lamine metalliche, idea dovuta a Felter meccanico di Brunswick. Dopo altre modificazioni i fratelli Breguet di Parigi perfezionarono dippiù questo strumento, e lo ridussero a forma di un orologio, servendosi di una spirale composta da due lamine una di platino e l'altra di argento saldate insieme.

121. Per le elevate temperature sono usati i termometri solidi detti comunemente *pirometri*. Bisogna convenire che finora manchiamo di strumenti, che con precisione ci potessero marcare le temperature elevate;

perciò è necessario abituarci a ben conoscere le apparenze diverse, che manifestano le sostanze nel passaggio che fanno a diverse temperature, ed a formarci una idea precisa delle espressioni usate dai chimici nell' indicare siffatti cangiamenti, desunte dal diverso colorito e diversa intensità di luce, che progressivamente manifestano: tali sono le espressioni di *rosso oscuro*, *rosso*, *rosso ceraso*, *giallo*, *bianco*, *bianco bluastro* ecc.

Il pirometro di Wedgewood fu in gran pregio un tempo per marcare le elevate temperature, sì pel facile suo uso, che per l' esattezza dei risultati; esso è fondato sulla proprietà che ha l' argilla di restringersi all' azione del calore; a tale effetto si formano alcuni cilindri di argilla cotta al calore del rosso incipiente, il di cui diametro entri appena nella parte più larga di un canale, formato da due regoli di ottone della lunghezza di 12 centimetri diviso in 240 parti; avendo questo canaletto un suo estremo della larghezza di $12^{1}/_{2}{}^{mm}$, e che va gradatamente restringendosi verso l' altro estremo, ch' è di $7^{1}/_{2}{}^{mm}$; nel principio della parte larga del canale si nota zero, e 240° nell' altro estremo. I cilindretti di argilla esposti a diverse temperature si contraggono più o meno, e queste contrazioni misurate sopra scala metallica, erano considerate proporzionali alle temperature alle quali si erano assoggettate, e per conseguenza da servire come loro misura; ma il signor Iames Hall ha dimostrato che queste indicazioni sono erronee, dappoichè la stessa contrazione può esser prodotta sì da un calore lento e continuato, che da un calore forte e di breve durata; e qualora a questo inconveniente si potesse rimediare tenendo conto del tempo impiegato

per l'esperimento, pure ne resta altro, ed è, che la restrizione delle diverse argille poste alla stessa temperatura è varia secondo le diverse miniere da cui sono ricavate.

122. Il pirometro di Daniel è senza dubbio il migliore istrumento in questo genere. Le sue indicazioni sono prodotte dalla differenza di dilazione tra una verga di platino ed un tubo di piombaggine, che li serve di astuccio; per valutare con precisione questa differenza, l'estremità della verga metallica dà moto ad un indice, che segna i gradi sopra un quadrante circolare. Questa graduazione, quantunque arbitraria, ha in ciascun istrumento un rapporto determinato colla scala termometrica; cessando l'azione colorifica ritorna l'indice alla posizione primitiva, ed assoggettato ripetute volte alla stessa temperatura, come per esempio a quella della fusione del ferro, l'indice prende costantemente la stessa posizione. L'inconveniente che esso presenta è quello di aver bisogno di un focolajo bastantemente grande, per assoggettare ad un ugual calore tutt'i punti dello strumento, e deve dippiù esser garantito dal contatto del combustibile, e dalle sostanze metalliche; perciò non può immergersi in un crogiuolo per esaminare la sua interna temperatura, e non è sempre adattabile ad un focolajo per valutare le temperature successive; ma in tutte le circostanze che si può usare è preferibile a qualunque altro di simile uso.

Un alto metodo venne anche indicato per misurare le alte temperature; il quale consiste nel rinchiudere l'aria in un cilindro, o in una sfera di platino di capacità conosciuta, munita di un rubinetto dello stesso me-

tallo. Nell' esporre questo strumento ad un' alta temperatura si raccoglie l'aria che n' esce, e se ne determina il volume; dai dati che si hanno si conoscerà qual dilatazione ha sofferta l' aria rinchiusa nel vase metallico, e si giudicherà così del grado di calore a cui è stato assoggettato, giusta le cognizioni che abbiamo intorno alla dilazione dell' aria per ciascun grado del termometro.

123. Oltre agli anzidetti strumenti, il signor Leslie per esperimenti delicati sul calorico raggiante, diede luogo alla costruzione di uno strumento che chiamò termometro differenziale. Esso consiste in un tubo orizzontale alle cui estremità sono saldati ad angolo retto due altri tubi di uguali altezze, terminati da due palle di vetro, come lo mostra la (Fig. 54). L'apparecchio è perfettamente chiuso, ed è sottratto dall'influenza della pressione atmosferica; nella sua costruzione vi si introduce dell'acido solforico colorito col carminio, in tanta quantità da riempire il tubo orizzontale ed una porzione di un tubo verticale. Per servirsi di questo strumento si osserva l'altezza del liquido in uno dei due tubi qualora le palle sono alla stessa temperatura; e qualora si assoggetta una di esse all'azione di una temperatara differente, si osserva l' innalzamento o l' abbassamento del liquido nel tubo opposto, che indicherà la variazione di temperatura. La scala ivi apposta è ordinariamente arbitraria, ma può essere rapportata dietro un seguito di sperimenti a quella di un termometro esatto.

124. Il Termoscopio di Rumford è conformato come il termometro differenziale, non altro che le palle sono più distanti affinchè il calorico avesse azione esclu-

sivamente su di una sola; ed è perciò che tra esse vi è situato un parafuoco di carta dorata. Il liquido poi, in vece di riempire tutto il tubo, ne occupa un piccolo spazio, affine di riuscire più sensibile alle piccole impressioni di calorico, che dilatando l'aria in una delle due palle, spinge il liquido verso l'altra; talmentechè quest' apparecchio è al caso di scoprire le piccolissime differenze di temperatura. Vedi la Fig. 55.

Della diversa capacità de' corpi pel calorico, o del calorico specifico.

125. Trattando della propagazione e trasmissione del calorico abbiamo esaminato l'accrescimento e diminuzione di temperatura; è necessario ora conoscere qual rapporto vi sia tra queste variazioni, e le quautità assolute di calorico assorbite o emesse dai corpi.

Il celebre Black nelle sue lezioni, verso il 1760, diede la prima idea, che diversi corpi, quantunque marcassero la stessa temperatura, contenevano diverse quantita di calorico; ed il signor Vilke fisico svedese nell'anno 1772 lo dimostrò con i seguenti sperimenti. Unendo una libbra di acqua a 0° con una libbra di acqua ad un'altra temperatura, per esempio a 36° si ha dopo l' unione la temperatura di 18°; da ciò si conchiude che la quantità di calorico della libbra di acqua a 36° si è ripartita con la libbra di acqua a 0°, ed ha prodotto la temperatura media; ma se in una libbra di acqua a 0°. vi s'introduce una libbra di metallo a 36°, dopo che l'equilibrio si sarà stabilito, si avrà una temperatura molto più bassa della temperatura media. Di fatti se il metallo introdotto è

nna libbra di ferro, stabilito l'equilibrio, si avrà la temperatura di 4°. Or supposto che sieno state prese, in questo sperimento, tutte le precauzioni per impedire la minima perdita di calorico, è chiaro che i 32° di temperatura perduti dal ferro hanno prodotto un aumento di temperatura nell'acqua di soli 4°; dal che si conchiude che quella quantità di calorico che apporta al ferro la temperatura di 32° produce nell'acqua una temperatura di quattro gradi; e perciò la quantità di calorico che bisogna all'acqua per aumentare di un grado la sua temperatura, sta alla quantità di calorico che bisogna al ferro per aumentare anche di un grado la sua temperatura, come 32: 4, ovvero come 8: 1. Or quella quantità di calorico, che bisogna ad una unità di peso di un dato corpo per aumentare di un grado la sua temperatura si chiama calorico specifico o proprio, ovvero sua capacita pel calorico; e queste quantità di calorico per ciascun corpo possono determinarsi mediante sperimenti simili a quello descritto, o con altri metodi che in seguito indicheremo. Così presa per unità la quantità di calorico capace di cambiare di un grado la temperatura di una libbra di acqua, a cui si rapportano le quantità di calorico necessarie per anmentare di un grado la temperatura dei corpi di simile peso, il calorico specifico di questi corpi può essere rappresentato da un rotto, in cui il numeratore è il numero dei gradi di cui l'acqua ha cambiato di temperatura, ed il denominatore è il numero dei gradi di cui ha variato la temperatura del corpo immerso. Di fatti nell'esperimento precedente il calorico specifico del ferro è uguale ad $4/32 = 1/8 = 0.125$.

126. Black, Vilke, Crauford e diversi altri Fisici con questo metodo hanno determinato il calorico specifico di diversi corpi. Pure in molte circostanze questo metodo non può essere impiegato, ed i suoi risultati sono d'ordiuario inesatti per la dispersione di una porzione di calorico, prodotta dalla conducibilità de' vasi, e dei corpi circostanti. Lavoisier e Laplace immaggiuarono un apparecchio esente da questo inconveniente, che chiamarono *calorimetro*. Esso consiste in due vasi metallici DCBA, ed EFGH simili di forma, contenuti l'uno nell'altro, come nella (Fig. 56), e mantenuti ad una certa distanza tra loro da fili metallici; nel mezzo del vase EFGH vi è sospeso altro vase cba di tessuto metallico. Lo spazio interposto tra il vase DCBA, e EFGH si riempie uniformemente di neve granita per tutta la sua estensione, onde mantenere l'interno dell'apparecchio alla temperatura di zero, ed impedire che la temperatura dell' atmosfera vi avesse influenza; questo spazio è fornito nel basso di un rubinetto m per dare scolo all' acqua. Ugualmente lo spazio interposto tra il vase EFGH ed il vase cba formato da tessuto metallico si riempie di neve sminuzzata, ed esso ha anche nel basso un rubinetto L per dare uscita alla neve liquefatta. Ad impedire l' influenza dell' aria esteriore nell' interno dell' apparecchio, si chiude l' apertura superiore mediante un coperchio. Accomodato così l' apparecchio, quando il suo interno si trova alla temperatura di zero, si sospende nel vase cba un corpo la cui temperatura sia al di sopra di zero; questo corpo si raffredderà gradatamente, ed il suo calorico s' impiegherà a fondere la neve che circonda il vase cba, e produrrà

una certa quantità di acqua che gocciolerà pel rubinetto inferiore L, e si raccoglierà in bottiglia per esser pesata esattamente; dal cui peso si dedurrà la quantità di calorico emessa dal corpo nel passare dalla temperatura in cui si trovava prima dell' esperimento, fino a zero a cui trovasi ridotto dietro lo sperimento.

Quest' apparecchio è fondato sul principio, che la quantità di calorico necessaria per fondere un peso determinato di neve è sempre costante; e da ripetuti sperimenti si conosce, che nel passaggio di un dato peso di ghiaccio allo stato liquido assorbe tanto calorico, per quanto ne bisogna alla stessa quantità di acqua liquida per passare dalla temperatura di zero a quella di 60° di Reaumur, o a quella di 75° centigradi; e questo risultato, preso per unità, è quello a cui si riferiscono tutti gli altri. Bisognerà dunque cercare quanto ghiaccio fonde un peso simile a quello del corpo sottomesso all'esperienza, per esempio di una libbra, affinchè passi dal grado 75 centigradi allo zero. A tale oggetto si divide la quantità di acqua fusa pel peso del corpo sottomesso alla sperienza, il quoziente si divide pel numero dei gradi di temperatura del corpo superiore allo zero, e questo quoziente si moltiplica per 75; il prodotto esprimerà la quantità di ghiaccio che, una quantità di esso corpo del peso di una libbra potrà fondere, passando dal grado 75 allo zero, ovvero il calorico specifico del corpo.

Così per esempio se si opera sopra 17 libbre di ferro a 100° si avranno pel suo passaggio alla temperatura di zero la fusione di libbre due e mezzo di ghiaccio; onde si avrà la proporzione $17 : 2\,{}^{1}/_{2} = 1 : x$, ch'è lo stesso di-

videre 2 $\frac{1}{2}$ per 17 = 0. 147. Si divida poi il quoziente 0. 147 per 100°, e si moltiplichi per 75 il nuovo quoziente, il propotto 0. 11 di libbra indicherà che la capacità dell'acqua sta a quella del ferro, come $\frac{1}{75}$: $\frac{0.11}{75}$, = 0. 0133 : 0. 00147 ; ossia che la capacità di calorico dell' acqua sta a quella del ferro come 9 : 1.

La tavola seguente indica le capacità pel calorico di diverse sostanze paragonate a quella dell' acqua.

Tavola del calorico specifico di alcune sostanze paragonato a quello dell'acqua preso per unità.

SECOMDO LAVOISIER E LA PLACE		SECONDO PETIT E DULONG COL METODO DEL RAFFR :	
Acqua	1. 0000	Acqua	1. 0000
Solfo.	0. 2085	Bismuto	0. 0288
Ferro battuto.	0. 1105	Piombo.	0. 0293
Stagno	0. 0475	Oro	0. 0298
Piombo.	0. 0282	Platino	0. 0314
Mercurio	0. 0290	Stagno	0. 0514
Ossido rosso di mercurio.	0. 0501	Argento.	0. 0557
Minio	0. 0623	Zinco	0. 0927
Calce viva	0. 2169	Telluro.	0. 0912
Vetro senza piombo. . .	0. 1929	Rame	0. 0959
Acido nitrico (ad 1. 298).	0. 6614	Nichelio	0. 1035
Acido solforico (ad 1. 88).	0. 3346	Ferro	0. 1100
Quattro di acido solforico con 5 di acqua	0. 6031	Cobalto.	0. 1498
Suluzione di nitro, nitro 1 acqua 8	0. 8187	Solfo.	0. 1880
Olio di oliva	0. 3096		

I liquidi ed i corpi che esercitano un'azione sul ghiaccio, come gli acidi, i sali, gli alcali ecc. bisogna chiuderli in un vase, del quale con esperienza siasi conosciuta la quantità di ghiaccio ch'è capace di fondere isolatamente.

Tavola del calorico specifico di diversi corpi secondo Clement, e Desormes.

SOLIDI		LIQUIDI	
Ghiaccio.	750	Acqua	1000
Antimonio.	51	Alcool	640
Argento	56	Olio	500
Rame	95	Sangue	1000
Stagno	95	Latte.	1000
Ferro, Ghisa, Acciaio...	112	Mercurio	31
Ottone	90	Acido solforico . .	340
Oro	30	Acido nitrico(1.335)	570
Piombo	31	Acido idro-clorico 1.120	680
Zinco	92		
Solfo	188	Soluzione di nitro saturata	646
Vetro	174		
Mattoni	450	Aria atmosferica. .	250
Legno.	500		
Fibrina	740		

127. Da questa tavola si vede, che per innalzare di uno stesso numero di gradi le stesse quantità di olio e di acqua, occorre la metà di calorico per l'olio che per l'acqua; il rame, l'argento, l'ottone, lo stagno hanno bisogno di meno della decima parte del calorico necessario all'acqua; e per l'oro, pel piombo, pel mercurio tre soli centesimi circa.

I rapporti di questa tavola possono servire immediatamente a trasportare i valori numerici del calorico dall'una all'altra di queste sostanze, così l'abbassamento di

un grado della temperatura nel mercurio non riscalda un uguale quantità di acqua che di o.° 029; una stessa quantità di stagno abbassandosi di un grado, innalzerebbe la temperatura della stessa quantità di acqua di o°. 04754; dal che ne segue che il calore sviluppato da una massa di mercurio che si raffredda di un grado, eleverebbe la temperatura di un'uguale quantità di stagno di $\frac{0.^\circ 029}{0.^\circ 04754} = 0^\circ. 61$; val quanto dire che la quantità di calorico capace a riscaldare il mercurio di 100° non riscalderebbe lo stagno che di soli 61.°

Il calorimetro non solo può servire a determinare il calorico specifico de'corpi, ma ancora le quantità di calorico relative che si svolgono nelle azioni reciproche de'corpi solidi e liquidi, nelle combustioni dei corpi, nella respirazione degli animali, ecc.

128. Dulong e Petit si servirono di altro metodo per valutare il calorico specifico dei corpi, fondato sul principio, che i corpi in un dato mezzo si raffreddano tanto più tardi secondo che il loro calorico specifico è più considerevole, poste tutte le circostanze uguali. Questo metodo consiste dunque nell'osservare i tempi che impiegano i differenti corpi sotto lo stesso volume, e condotti alla stessa temperatura per raffreddarsi di un ugual numero di gradi, qualora le loro superficie hanno la stessa forza raggiante; a tal oggetto i corpi si rinchiudono in vasi di lamine sottilissime di argento o di rame, di forma cilindrica, e puliti al di fuori, nel cui asse è situato un termometro, in modo che la graduazione esca al di fuori per un buco praticato nel coverchio del cilindro. Il cor-

po di cui si vuol conoscere il calorico specifico o è liquido, o se è solido si riduce in polvere, e s' introduce nel cilindro, facendo sì che la bolla del termometro ne sia inviluppata. Quest'apparecchio ha il vantaggio d'avere una superficie ch' è sempre della stessa estensione, ed è costantemente della stessa forza raggiante. Si riscalda il cilindro, e si situa sotto un recipiente nel quale si possa fare il vuoto ; quando è raffreddato di tanto che il termometro indica una temperatura di dieci gradi superiore a quella del luogo in cui si fa l'esperienza, si marca questo grado, e si tiene conto del tempo di cui il cilindro ha bisogno per discendere ad una temperatura che non supera quella dell'aria libera che di cinque gradi. Il cilindro di argento, particolarmente per la levigatezza della sua superficie, lascia scappare poco calorico raggiante, ed il tempo che impiega a raffreddarsi è più lungo, ed è perciò che i risultati sono più esatti. Se si vogliono paragonare le quantità di calorico specifico di due corpi nello stato solido, per esempio del ferro e dello stagno, si possono formare con queste sostanze alcuni cilindri uguali in volume, ed osservare il tempo del raffreddamento di ciascuno ; e siccome due metalli ancorchè ugualmente puliti hanno il potere raggiante ineguale, così bisogna cercare di darli la medesima superficie, seguendo un metodo proposto dal signor Despretz, ch'è il seguente. Si osserva il tempo che s'impiega dai due cilindri essendo sospesi nell'aria con fili di seta per raffreddarsi; di poi si coprono i cilindri con uno strato di vernice, e si ripete l'osservazione precedente; si ricoprono di altro strato di vernice e si ripete l' osservazione precedente, ripetendo lo stesso fino a che ciascuno

emette la stessa quantità di calorico in tempi uguali. E poichè le superficie, l'eccesso di temperatura su quella del mezzo, i volumi, sono cose tutte perfettamente simili; le quantità totali di calorico che avranno abbandonato i due corpi saranno dunque nel rapporto de'tempi. Or per un intervallo dato di temperatura la quantità di calorico che abbandona un corpo è proporzionale alla sua massa e al suo calorico specifico; perciò se M ed M' dinotino le masse, C e C' il calorico specifico di ciascuno di essi, T e T' i tempi dei raffreddamenti, t-t' l'abbassamento di temperatura; si avrà così MC (t-t'), M'C' (t-t') per le espressioni delle quantità di calorico perdute, e conseguentemente MC : M'C' = T : T'.

Dulong e Petit trovarono dippiù che il calorico specifico cresce colla temperatura. Così quello del ferro, dietro i termini medii che si hanno dalle loro esperienze è = 0. 1098 fra 0° e + 100°; = 0. 1150 fra 0° e + 200°; = 0. 1218 fra 0° e + 300°; finalmente = 0. 1255 fra 0° e + 450.° La tavola seguente dà altri esempi.

Calorico specifico medio		
	fra 0° e 100	fra 0° e 300
Mercurio	0. 0330	0. 0350
Zinco	0. 0927	0. 1015
Antimonio. . . .	0. 0507	0. 0549
Argento	0. 0557	0. 0611
Rame	0. 0949	0. 1013
Platino	0. 0335	0. 0355
Vetro	0. 177	0. 190

Gli stessi Fisici hanno fatto una osservazione importantissima, ed è, che il prodotto della capacità di calorico di un corpo semplice pel suo peso atomico è un numero costante, che poco differisce da o. 375. Dal che risulta che le capacità de' corpi semplici pel calorico sono in ragione inversa dei pesi de' loro atomi. I risultamenti delle esperienze de' signori Laroche e Berard su i gas sono in corrispondenza di questa legge.

129. La determinazione del calorico specifico dei gas presenta molte difficoltà, talmentechè i risultati ottenuti dai diversi Fisici non sono punto d'accordo. Quelli dei signori Laroche e Berard non sono che l'espressione di un fenomeno composto cumulando il calorico ottenuto pel raffreddamento e quello prodotto dalla condensazione del gas; vi è dippiù che i gas su cui hanno operato non sono stati purgati dai vapori acquosi. Non ostante ciò non avendone altri di maggior precisione li esporremo nella seguente tavola.

NOMI DEI GAS	A VOLUMI UGUALI	A QUASI UGUALI	prop. al ca. specifico dell'acqua
Acqua	. . . .	. . . .	1. 0000
Aria atmosferica . . .	1. 0000	1. 0000	0. 2669
Idrogeno	0. 9033	12. 3401	3. 2936
Ossigeno	0. 9765	0. 8848	0. 2361
Azoto.	1. 0000	1. 0318	0. 2734
Acido carbonico . . .	1. 2588	0. 8280	0. 2210
Bi Ossido d'azoto.....	1. 3503	0. 8878	0. 2369
Ossido di carbonio. .	1. 0340	1. 0805	0. 2884
Gas olefico	1. 5530	1. 5763	0. 4207
Vapore acquoso . . .	1. 9600	3. 1360	0. 8470

Della produzione del calore e del freddo.

130. I raggi solari ci danno il calore naturale, poichè la superficie della terra è fredda per se stessa, ed il calorico le viene dai raggi solari che penetrano ad una maggiore o minor profondità nella massa terrestre; cosicchè se il sole cessasse di risplendere, la terra si raffredderebbe in breve, e forse anche al di sotto della temperatura de'suoi poli; perdendo progressivamente, durante il suo corso, quello che trovavasi aver acquistato. Il moto di rotazione terrestre presentando al sole le diverse parti della sua superficie è cagione della diversa temperatura che osserviamo tra il giorno e la notte; qualora il suo movimento di rivoluzione intorno al sole produce le varietà delle stagioni. Noi ignoriamo se la terra sia più calda internamente o alla superficie, nè gli sperimenti su di ciò sono stati uniformi di risultati. Misurando la temperatura a diverse altezze, e indi nei siti più profondi del mare si è trovato che questa andava scemando colla profondità; talmentechè alla massima profondità si trova l'acqua ad uno o due gradi sopra zero. Al contrario le cave delle diverse miniere tanto di Europa che di America c' istruiscono che il calore aumenta colla profondità, e che sembra crescere di un grado centigrado per ogni 32 metri di profondità; il che fa credere che la terra ha una temperatura molto elevata verso il suo centro, e che potrebbe essere incandescendente alla profondità di 36000 piedi. Oltre a ciò vi sono ragioni per credere che questo nostro pianeta sia stato un tempo molto più caldo alla sua superficie che

non lo è ora, ed in appoggio di ciò la Geologia ci fornisce argomenti solidissimi; quasi che la terra con lo andar del tempo perdendo una quantità di calorico dalla superficie, abbia potuto rimanere questo sepolto nell'interno di essa, d'onde si svolge con somma lentezza. Il raffreddamento delle acque nelle grandi profondità può ricevere dimostrazione da non presentare alcun'ostacolo a questa ipotesi, giusta quello che abbiamo detto parlando della propagazione del calorico nei liquidi; cioè che l'acqua fredda delle regioni fredde si precipita pel maggior peso specifico nel fondo dei bacini, ed all'opposto l'acqua calda ascende alla superficie delle acque.

L'azione calorifica dei raggi solari può aumentarsi coll'ajuto dei vetri o delle lenti ardenti, o degli specchi concavi, accumulandosi una quantità di raggi solari.

131. Fra i mezzi atti a procacciarci il calore artificiale metteremo in primo luogo la combustione, perchè il più usuale e più comodo a praticarsi. La combustione è una chimica operazione mediante la quale ci procuriamo il colorico per le arti, e per l'economia domestica; il come applicare e disporre questo calorico nel modo più utile ed economico spetta alla chimica applicata, ed i principii teoretici di cotesta applicazione trovansi diffusi nelle precedente teoriche. Questo argomento è di tanta importanza, da interessare non solo gli industriosi, e l'economia domestica delle famiglie, ma anche la pubblica economia, avendo riguardo al numerario che annualmente si estrae da noi per tale cagione.

Molte altre chimiche combinazioni sono atte a procurarci il calorico, potendo a ciò influire la minor capacità di calorico del composto in relazione a quella

dei componenti ; questa cagione per altro non deve essere la sola, poichè in diverse combinazioni in cui vi è sviluppo di calorico, si è osservato che la capacità di calorico del composto è uguale alla capacità di calorico dei componenti ; la densità maggiore del cemposto su quella dei componenti , ed il passaggio o dallo stato liquido a quello di solidità , o dallo stato gassoso a quello di liquidità possono anche mettere una quantità di calorico nello stato di libertà.

132. L' attrito , la compressione , le percosse sono mezzi che ugualmente producono calore. Si sa che lo strofinio rapido di due pezzi di legno apporta ordinariamente riscaldamento, che talune volte si avvanza di tanto da produrne l'accensione; che la compressione forte e rapida può accendere certi corpi infiammabili: così con alcuni colpi di stantuffo in un fucile ad aria, dati con rapidità si perviene ad accendere l' esca , il cotone, il gas idrogeno posti al di sotto lo stantuffo ; similmente percuotendo con un martello ripetute volte un chiodo si riscalda sì il martello che il chiodo ; e secondo Davy due pezzi di ghiaccio stropicciati tra loro in un'atmosfera al di sotto del zero, si fondono pel calore prodotto dallo strofinio.

133. Per la produzione del freddo si conoscono molti mezzi ; esso dipende dal passaggio sollecito dei corpi dallo stato di solidità a quello di liquidità , o da quello di liquidità allo stato aeriforme.

Noi abbiamo detto che i corpi solidi per passare allo stato liquido hanno bisogno di una quantità di calorico più o meno grande ; perciò la fusione di un corpo non può aver luogo senza l'assorbimento di una quantità di

calorico più o meno considerevole. Or dunque se per una qualunque cagione, diversa da quella di una somministrazione diretta di calorico, si effettui la fusione di un corpo solido, il corpo deve necessariamente assorbire dai corpi circostanti la quantità di calorico necessaria alla sua fusione, e conseguentemente in questi, facendosi una sottrazione di calorico vi deve essere produzione di freddo; questo freddo è più intenso in corrispondenza della prontezza con cui si opera la fusione del solido, e della quantità maggiore di calorico che necessita per la sua fusione. Su questo principio sono state dettate una quantità di miscele frigorifere.

Quando si mesce la neve con un sale secco che abbia molta affinità per l'acqua, dall'azione scambievole di questi due corpi si ha una soluzione salina, e liquefacendosi l'uno e l'altro assorbiscono tanto calorico dai corpi circostanti che ne risulta un freddo di molti gradi. Quanto più il sale ha affinità per l'acqua, tanto più rapidamente si fondono la sostanza salina e la neve, e perciò più intenso è il freddo che si produce. Perciò tutti quei sali che assorbiscono con avidità l'umido atmosferico e si liquefanno producono un freddo considerevole, tostochè si uniscono colla neve.

134. La miscela frigorifera la più comunemente usata, perchè la più economica, è quella di sale comune e neve, conosciutissima ne'nostri riposti. La miglior maniera peraltro di produrre un freddo artificiale si è di prendere il muriato di calce ben secco polverizzato sottilissimamente e stacciato, mescerlo con la metà, con i due terzi, o al più con ugual peso di neve, e metterlo a piccoli strati soprapposti alternativamente l'uno all' al-

tro intorno al vase che contiene la sostanza da gelarsi. A questo modo si è pervenuto a solidificare il mercurio, a far cristallizzare l'ammoniaca liquida ec.

Così pure l'unione di cinque parti di sale ammoniaco sottilmente polverizzato; di altrettanto nitro ugualmente polverizzato su cui si versano sedici parti di acqua allora tirata dal pezzo, si ha una temperatura di — 12°.

Lo stesso si ha mescolando insieme 10 parti di nitro, 32 di sale ammoniaco, e 32 di muriato di calce, il tutto sottilmente polverizzato, su cui si versa il quadruplo del loro peso di acqua; e si può ottenere un grado di freddo più intenso polverizzando 9 parti di fosfato di soda cristallizzato e discioglierlo in quattro parti di acqua forte, a questo modo la temperatura dietro l'unione potrà discendere dai + 10° fino a — 24°.

Si può produrre anche freddo coll'evaporazione dei liquidi volatili: cosicchè facendo gocciolare alquanto etere sul bulbo di un termometro, il mercurio in esso discende rapidamente; e quando l'istrumento è sospeso ad un filo in un corso di aria, o pure vi si soffii sopra con un soffietto, il mercurio potrà discendere fino allo zero, poichè la rinnovazione dell'aria aumenta la volatilizzazione del etere.

Si otterrà l'acqua fredda, se rinchiudesi in vasi di argilla porosi, attraverso de'quali l'acqua trasuda da ogni parte, e situati questi all'ombra in una corrente di aria la più rapida, e la meno calda che si possa avere; l'evaporazione dell'acqua che trasuda dal vase, accelerata dalla continua rinnovazione dell'aria intorno al vase, produce nel liquido contenutovi un grande abbassamen-

to di temperatura. Parimente possono rinfrescarsi i vini e i liquori in bottiglie inviluppandole in lini bagnati, e assoggettandole ad una corrente rapidissima di aria, operata da un ventilatojo ordinario.

135. Leslie ha immaginato un metodo col quale si produce un freddo rapidissimo mercè l' evaporazione nel vuoto. Si pone sotto il recipiente di una buona macchina pneumatica un vase largo contenente acido solforico concentrato, ed ad alcuni pollici al di sopra di esso un bicchierino con un oncia e mezza di acqua. Dopo ciò si estrae l' aria dal recipiente, porzione dell' acqua si converte in gas ed occupa il recipiente, ma l' acido solforico concentrato ha tanta affinità per l' acqua, che converte il gas acqueo in liquido immediatamente e lo assorbe; talmentechè vuotato il recipiente, si rinnova la evaporazione dell' acqua, ch' è di bel nuovo assorbita dall' acido; in tal modo l' evaporazione viene attivata di tanto da produrre un freddo che solidifica la restante porzione di acqua nel bicchiere; e l'acido solforico si riscalda di molto per l'unione con i vapori acquosi. All' acido solforico può sostituirsi qualunque altro corpo atto ad assorbire rapidamente i vapori acquosi, come il muriato di calce, la potassa caustica ec. Questo risultato si ha qualora la macchina agisce bene. Lo stesso Leslie rapporta, che quando si riveste di cottone inzuppato di etere il bulbo di un termometro che segna zero; posto sotto la campana della macchina pneumatica, fatto il vuoto con sollecitudine, si produce un freddo da solidificare il mercurio del termometro.

Bussy ha prodotto freddi considerabilissimi mediante l' evaporazione di un liquido volatilissimo, come è l' a-

cido solforoso, ch'è liquido alla temperatura di — 18°, ed alla pressione ordinaria, e bolle a quella di — 10.° Il mercurio si congela in alcuni istanti, se si riveste il bulbo del termometro di cotone imbevuto nell'acido solforoso liquido. Il termometro a spirito di vino discende alla temperatura di — 57° all'aria libera, e fino a 68° sotto il recipiente della macchina pneumatica. A simili gradi di freddo molti gas coercibili passano nella forma liquida, e colla volatilizzazione di questi si ha un abbassamento di temperatura molto più considerevole.

CAPITOLO III.

Della materia elettrica

136. Le teoriche dell'elettricità risultano dall'accozzamento di molti fatti, ciascuno dei quali è ben distinto da una ipotesi particolare; ma quantunque alcuni fenomeni transitorj dimostrano che questi fatti separati hanno un'origine comune, pure non siamo ancora giunti a fissare una ipotesi che potesse abbracciarli tutti. Perciò bisogna studiarli isolatamente, dedurne le teoriche; e discutere in seguito il merito relativo delle differenti ipotesi, onde cercare di stabilire un legame tra queste teoriche.

Il metodo che terremo nell'esporre i fenomeni elettrici è il seguente 1.° L'elettricità sviluppata per lo strofino, che risulta da fatti più anticamente conosciuti 2.° Il Galvanismo o meglio detto l'elettricità voltaica, perchè primeggia tra le scoverte moderne, ed ha contribuito al progresso non solo della scienza dell'elettri-

cità, ma della chimica. 3.° L'elettricità sviluppata con altri mezzi diversi dallo strofinio e dal contatto. 4.° L'elettricità chimica dipendente quasi totalmente dall'elettricità voltaica, che ha per oggetto lo studio della pila di Volta, e l'esposizione delle teoriche di quest'apparecchio. Riserbandoci dopo di aver parlato del magnetismo esporre le principali scoverte fatte da OErsted sull'influenza che ha l'elettricismo in movimento su i corpi calamitati; come pure parleremo dei fenomeni termo-elettrici, esponendo i fatti in cui l'elettricismo accompagna o produce certi cambiamenti di temperatura; e tutto ciò che può darci indizio che il calorico la luce e l'elettricità hanno un'origine comune. Questo metodo, che pare lo più ragionevole, è quasi disposto nell'ordine cronologico delle principali scoperte.

137. *Fenomeni fondamentali.* Un tubo di vetro strofinato con un pezzo di panno, di seta, o un pezzo di pelle asciutta, acquista sì il corpo strofinato che il corpo strofinante la proprietà di attirare alcuni corpi leggierissimi, come pezzettini di paglia, carta brugiata, foglioline di argento, e simili.

La cera lacca, lo zolfo, il succino, le pietre preziose godono la stessa proprietà. Questo fenomeno siccome fu osservato per la prima volta nell'ambra o succino, che in greco si chiama *electron*; perciò fu detta elettricità la teorica fisica di cui questa proprietà fa parte.

Tutte le sostanze vitree e cristalline, e le sostanze resinose manifestano l'elettricità collo strofinio; ma i corpi vitrei e cristallini si comportano diversamente delle sostanze resinose, quasichè la materia elettrica da cui ciascuna di essa è animata fosse differente. Tale di-

versità si ravvisa parimente tra il corpo strofinato, ed il corpo strofinante.

Le sostanze vitree, le resinose, la seta, l'olio, la cera ecc. strofinate producono questi fenomeni con diversa intensità. I metalli e le altre sostanze, ancorchè strofinate non danno alcun segno di elettricità; a questo riguardo si erano divisi i corpi in elettrizzabili detti ancora idioelettrici, o elettrici per sè stessi, e in non elettrizzabili distinti col nome di analettrici, o non elettrici; ma si è conosciuto dopo, che questa distinzione non è fondata; poichè se i metalli ed altri corpi non manifestano fenomeni elettrici per lo strofinio, non è perchè non si eccita in essi la materia elettrica, ma piuttosto perchè non sono posti in circostanze di conservarla, avendo questa libero passaggio attraverso di essi, ed in altri corpi con cui sono in contatto; all'opposto il vetro, le resine, la seta ecc. se comunicano per uno dei loro punti, la materia elettrica è distratta in quel punto soltanto, rimanendo isolata in tutto il resto.

I metalli possono divenire facilmente elettrici allorchè si mettono in contatto o quasi contatto con le sostanze vitree o resinose elettrizzate. Per esempio se una pallina S (Fig. 57) di sughero, o di midollo di sambuco, sospesa per uno dei suoi punti con un filo di seta ben asciutto, si mette in contatto con una spranga metallica MT terminata da una sfera M, la pallina si allontanerà da questa spranga quando questa comunica per la estremità M con un corpo elettrizzato. Ma per aversi ciò bisogna che i sostegni della spranga siano di sostanza che non lascia passare la materia elettrica; qualora questa condizione è adempita, l'effetto indicato

si manifesta ugualmente facendo avvicinare la pallina in qualsiasi punto della spranga, e a qualunque distanza dalla sfera M. Questo sperimento dimostra non solo che la spranga metallica ha acquistata la materia elettrica somministratali dal corpo elettrizzato, ma che questa si diffonde ugualmente in tutta la spranga a qualunque distanza dal punto di comunicazione, sia qualunque la sua estensione. Se nel luogo della spranga metallica si mette una bacchetta di vetro o di resina non si avrà nessuno degli anzidetti fenomeni.

138. *Classificazione dei corpi in conduttori e non conduttori.* Posto ciò siamo condotti a distinguere i corpi in due grandi classi; se danno libero passaggio alla materia elettrica si chiamano conduttori; e cattivi conduttori o conduttori imperfetti se non permettono questo passaggio libero.

Nella prima classe occupano il primo posto i metalli; il legno particolarmente umido, il carbone di legna, la paglia, i fili di canapa, l'acqua, l'aria umida, e tutte le sostanze pregne di umidità anche conducono bene l'elettricità; nella seconda classe vanno comprese le sostanze resinose, il vetro, le sostanze cristallizzate, la seta, gli olii, gli ossidi metallici, le pietre preziose, i peli, la lana, le piume, e l'aria atmosferica spogliata di umidità. Su questi dati sono costruiti i conduttori e gl' isolatori elettrici.

L' aria atmosferica perfettamente secca non solo è isolatrice della materia elettrica, ma colla sua azione meccanica la ritiene sulle superficie de'corpi; poichè l'esperienza c'insegna, che un corpo elettrizzato posto nel vuo-

to si scarica immediatamente della materia elettrica, il che si osserva chiaramente nell' oscurità.

Non esiste alcuna relazione costante tra lo stato dei corpi è la loro facoltà conduttrice. Di fatti tra i corpi solidi i metalli sono in generale i migliori conduttori della materia elettrica; ma le resine, le sostanze cristallizzate nello stato di secchezza non la trasmettono. Quasi tutt'i liquidi sono buoni conduttori; ma l' olio è un conduttore imperfettissimo. La cera e il sevo solidi conducono male l'elettricità; ma fusi sono de mediocri conduttori. La facoltà conduttrice si osserva negli stati opposti di temperatura; talmentechè la fiamma dell' alcool e la neve trasmettono ugualmente l' elettricità; e questo stato opposto di temperatura dei corpi non apporta differenza sensibile nelle scintille che dai medesimi si emettono; poichè quelle emesse dal ghiaccio non sono fredde, nè calde quelle che si staccano dalla fiamma dell' alcool o dal ferro rovente.

Da quanto si è detto si può convenire che tutt'i corpi del nostro pianeta contengono una sostanza alla quale si dà il nome di materia elettrica. Questa nello stato naturale non manifesta alcuna proprietà che la rende percettibile ai nostri sensi.

139. *Ipotesi per spiegare i fenomeni elettrici.* I fisici non si uniformano nella ipotesi onde dare dimostrazioni dei fenomeni elettrici. Alcuni con Franklin ammettono che la materia elettrica sia costituita da un solo fluido imponderabile, ch'è equilibrato nei diversi corpi; mediante diversi processi viene a disquilibrarsi, accomulandosi in taluni corpi che si dicono elettrizzati positivamente, e minorandosi in altri che sono detti elet-

trizzati negativamente; cosicchè nel ristabilirsi l'equilibrio elettrico in questi corpi hanno luogo i fenomeni elettrici.

Symmer, ed i Fisici Francesi attribuiscono i fenomeni a due fluidi imponderabili le cui molecole se sono dello stesso fluido si respingono, e si attraggono se spettano ai due fluidi differenti; ammettendo che questi due fluidi combinati si rattrovano in tutt'i corpi della natura, perciò chiamano questa combinazione fluido neutro, o elettricità naturale; in qnesto stato non si ha alcun fenomeno; lo strofinio o altro mezzo cagiona una ripartizione ineguale di questi due fluidi, caricandosi il corpo strofinato di una dose maggiore di uno di questi fluidi, il corpo strofinante di una dose maggiore dell'altro. Questi fluidi sono distinti coi nomi di fluido vitreo e di fluido resinoso, e si considerano animanti da un'affinità energica tra loro; perciò qualora vengono in contatto o nella sfera di attività si combinano rapidamente manifestando i fenomeni elettrici. Le denominazioni di elettricità vitrea e resinosa possono dare un'idea falsa; poichè queste elettricità opposte non spettano esclusivamente nè al vetro nè alle resine, potendo sì il vetro che le resine caricarsi dell' una o dell' altra elettricità cambiando il corpo strofinante, come diremo quì appresso. Ciascuna di queste ipotesi ha il vantaggio di dare facile spiegazione ad alcuni fenomeni, mentre in altri non soddisfa compiutamente; del resto basta avvertire, per non cadere in equivoci, che l'elettricità positiva di Franklin è la stessa che l' elettricità vitrea dei Francesi; essa distinguesi dall'elettricità negativa o resinosa per diversi caratteri; tra i quali i più marcabili sono i seguenti.

1.° Pel sapore che imprime sulla lingua l'elettricità sviluppata da una punta metallica, essendo acido nell'elettricità positiva, bruciante e quasi alcalina nell'elettricità negativa, apportando alcuni cambiamenti corrispondenti all'acidità nelle tinture blù vegetabili. 2.° Per la loro diversa luce, poichè l'elettricità vitrea o positiva che si stacca da una punta metallica forma un fascetto luminoso di colore azzurro e di qualche lunghezza; mentre la resinosa o negativa non fa altro apparire che un punto lucido.

Rintracciando la natura dell'elettricità sviluppata per lo strofinio da un gran numero di sostanze si riconosce che essa non ha niente di assoluto, e che dipende dalla natura del corpo strofinato e del corpo strofinante. Di fatti la seta strofinata sul vetro acquista l'elettricità positiva, sulla resina l'elettricità negativa; il legno strofinato con un mazzo di penne si elettrizza negativamente, strofinato colla carta si carica di elettricità positiva. Costantemente però si osserva che il corpo strofinato, ed il corpo strofinante si caricano di diversa elettricità; per verificarlo si elettrizza positivamente una pallina di midollo di sambuco sospesa ad un filo isolante, questa avvicinata sussecutivamente al corpo strofinato ed al corpo strofinante; si osserva immancabilmente che uno di essi la respinge, e l'altro l'attira; il che prova che sono carichi di diversa elettricità. Allorchè si strofinano l'uno contro l'altra due lamine di cristallo si caricano di elettricità opposte, acquistando elettricità positiva quella che ha la superficie più pulita. Se si strofina la limatura di un metallo qualunque sopra un piatto dello stesso metallo, la limatura si elettrizza negativamente, e il

piatto positivamente. Qualora i corpi che si strofinano sono della stessa natura, e le loro superficie sono nello stesso stato, una differenza di temperatura basta perchè si carichino di elettricità opposte, e la più calda si elettrizza negativamente.

Il carattere positivo di queste due elettricità, il quale si manifesta costantemente è l'attrazione e la ripulsione, che si ravvisa nei corpi elettrizzati. Due corpi che manifestano diversa elettricità si attraggono; e si repellono se sono investiti da elettricità della stessa natura. Da questa proprietà costante dipende la spiegazione di tutt' i fenomeni elettrici sì naturali che artificiali.

Se due palline di midollo di sambuco sospese a fili di seta si avvicinano, dopo che si sono elettrizzate pel contatto di corpi diversi, si osservano fenomeni differenti secondo la natura dei corpi impiegati. Se le palline isolate sono simultaneamente elettrizzate dal contatto colla resina strofinata colla lana si repellano, come pure se sono state elettrizzate dal contatto del cristallo strofinato colla lana; ma se una delle palline è stata elettrizzata dal contatto colla resina, e l'altra dal contatto col cristallo esse si attraggono; come pure una pallina elettrizzata dal contatto colla resina n'è respinta qualora vi si avvicina di bel nuovo, ed è al contrario attirata dal cristallo; viceversa, quando è elettrizzata dal cristallo è respinta da questo, ed è attirata da quella elettrizzata dalla resina.

140. *Elettricità manifestata per lo strofinio.* La materia elettrica impercettibile ai nostri sensi, trovandosi nello stato naturale può risolversi nelle due elettricità vitrêa e resinosa, ovvero positiva e negativa sì con

mezzi meccanici, che con mezzi chimici: il mezzo meccanico più comune è lo strofinio.

La macchina elettrica (Fig. 58) è comunemente usata per manifestare l'elettricità mediante lo strofinio; essa consiste in una sfera o cilindro di cristallo, e più comunemente in un disco di cristallo con un buco nel suo centro, pel quale passa un asse metallico; due sostegni di legno disposti parallelamente in direzione verticale, sono attraversati nel mezzo della loro lunghezza dalle estremità dell'asse metallico; ad una di queste estremità è adattato un manubrio, mediante il quale si fa girare il disco; su ciascuno sostegno di legno, ad uguali distanze dall'asse, sono adattati due cuscini di pelle imbottiti di crini, in modo che quei posti sopra un sostegno si guardano in direzioni opposte con quei situati sull'altro sostegno; il disco posto in mezzo strofinando tra i medesimi, si carica di elettricità positiva.

Per attivare maggiormente lo sviluppo della materia elettrica si applica su i cuscini, prima unti di una sostanza grassa, dell'oro musaico, o un'amalgama di stagno, ovvero una lega di una parte di stagno due di zinco e quattro di mercurio. Con questa parte dell'apparecchio si possono osservare i principali fenomeni, dei quali i più marcabili sono i seguenti.

1.° Se si avvicina alla parte strofinata del disco la mano o il viso si ha, ad una certa distanza, una sensazione quasi simile ad un formicolio, ed i peli o capelli vengono dal medesimo attirati.

2.° Se si avvicina al disco la giuntura di un dito, o l'estremità di una bacchetta metallica, si osserva una

piccola scintilla, facendo provare una piccola pungitura sul dito.

3.° Nell'oscurità, a misura che si fa girare il disco, si osserva una luce elettrica che serpeggia sulla parte strofinata.

Allorchè si sospende il movimento del disco tutti questi fenomeni continuano per qualche tempo con intensità sensibilmente decrescente; ma si può osservare il fenomeno dell'azione e ripulsione elettrica. Di fatti allorchè si avvicina al disco una pallina di sughero o di midollo di sambuco, se il filo che la sostiene è di seta ben asciutta la pallina è attirata dal disco, e rimane in questo stato fino a che si uniforma con esso nello stato elettrico, nel qual caso viene respinta: questa ripulsione dura finchè dura lo stesso stato elettrico; se poi si scarica la pallina col dito o con altro corpo conduttore, viene essa di bel nuovo attirata dal disco, e indi respinta; se poi il filo è di lino, e particolarmente se è umettato la pallina rimarrà attirata dal disco.

Girando il disco in mezzo ai cuscini le porzioni strofinate della sua superficie si elettrizzano, e da essa si può raccogliere la materia elettrica. Per far ciò si adatta in vicinanza delle parti strofinate del disco un conduttore di lamine di ottone di forma cilindrica, poggiato sopra sostegno di vetro coperto ordinariamente da uno strato di resina. Questo conduttore in una delle sue estemità si dirama, e le diramazioni terminano in una o più punte, che si fanno discostare dalle parti strofinate del disco di un mezzo pollice circa; ed è sempre meglio che queste diramazioni sieno disposte in modo che le punte scaricano il disco sì dalla parte anteriore strofina-

ta che dalla parte posteriore; l'altra estremità del conduttore termina ordinariamente in una sfera di un diametro più grande. Il conduttore riceve l'elettricità del disco, o più esattamente si carica di fluido positivo proveniente dalla sua elettricità naturale, perchè l'elettricità positiva del disco attira l'elettricità negativa del conduttore per neutralizzarla.

Per evitare che l'aria atmosferica disperda porzione di elettricità dal disco, si costuma di coprire la porzione superiore di questo di una borsa di taffettà incerata, che si oppone al rinnovamento degli strati di aria sulla sua superficie. È necessario che i cuscini sieno in comunicazione col suolo ch'è il serbatojo comune mercè buoni conduttori; prestandosi a questo uffizio imperfettamente i sostegni di legno, per dare scolo al fluido negativo.

141. Coll'apparecchio descritto non si ha sul conduttore che l'elettricità positiva. Ma la macchina elettrica di Nairne dà le due elettricità contemporaneamente; questa macchina è espressa dalla (Fig. 59). In vece del disco vi è un cilindro di cristallo chiuso che si fa girare intorno al suo asse disposto orizzontalmente, due conduttori situati parallelamente affiancano lateralmente il cilindro; l'elettricità positiva che si sviluppa dal cristallo viene raccolta da uno di questi conduttori, mentre l'elettricità negativa si raccoglie dall'altro conduttore situato nella parte opposta, che comunica con i cuscini; ma è preferibile raccogliere una delle due elettricità per volta per accumularne maggior quantità: per far questo basta mettere in comunicazione uno dei due conduttori col suolo per mezzo di una catena o di una sprau-

ga metallica. Van-Marum ha ideata una macchina elettrica con la quale si può raccogliere a volontà l'una o l'altra specie di elettricità; i conduttori isolati sono mobili sopra un asse orizzontale, questo movimento li fa comunicare a piacere o col disco di vetro o con i cuscini; mettendo nello stesso tempo in comunicazione col suolo inversamente i cuscini o il disco.

Le punte e tutte le prominenze angolose avendo la proprietà di attirare l'elettricità; perciò bisogna allontanarle dalla superficie del disco, per fare che tutta l'elettricità sviluppata sia assorbita dalle punte del conduttore; come pure l'aria umida dando libero passaggio all'elettricità, perciò difficilmente si può caricare il conduttore di elettricità in un'atmosfera umida, essendo assorbita da questa a proporzione che la riceve dal disco.

142. *Bilancia elettrica.* Coulomb ha portato un perfezionamento alle idee di Symmer, o per meglio dire le ha ridotte in teorica esatta; avendo scoverta la legge mediante la quale si esercitano le attrazioni, e le ripulsione elettriche; ideando un apparecchio che porta il nome di bilancia elettrica di Coulomb, quale apparecchio è costruito nel seguente modo. Ad un filo di argento o di ottone finissimo fissato in posizione verticale per una delle sue estremità ad un corpo solido, va sospeso un indice di gomma lacca lungo e sottile disposto orizzontalmente, che tiene in una delle sue estremità un piccolo disco di carta dorata; (Fig. 60) a questo piccolo disco si comunica l'elettricità, l'indice di gomma lacca serve per isolarlo, ed il filo metallico colla torsione che soffre misura la forza attrattiva o repulsiva che esercitano i corpi elettrizzati ai quali si presenta.

Di fatti si capisce che vi bisogna una forza, sebbene molto piccola, ma determinata e costante per far spostare il filo di un giro o di un mezzo giro, e conseguentemente per discostare di tanto l'indice di gomma lacca dalla situazione ove è naturalmente posto nello stato di equilibrio; perciò quanto più forte sarà l'azione repulsiva o attrattiva dell'elettricità, maggiore sarà l'arco descritto dal piccolo disco di carta dorata. Si potrebbe pure conoscere come l'azione elettrica varia con la distanza se si conoscessero le forze di torsioni corrispondenti alle deviazioni differenti dell'indice di gomma lacca, al che facilmente si può giungere; dappoichè il Signor Coulomb con esperimenti precisi ha dimostrato che la forza di torsione in un filo metallico di una certa lunghezza è esattamente proporzionale all'angolo di torsione; e per evitare le differenze, che la forma irregolare dei corpi potrebbe apportare, s'impiega per corpo attirante o repellente una sfera di rame poggiata all'estremità di un cilindro di gomma lacca; il piccolo disco di carta dorata su cui deve agire potendosi considerare come un punto. Si situa la sfera in modo che tocchi il disco, stando questo nel sito ove si ferma naturalmente nello stato di equilibrio; e per evitare gli errori, che potrebbero esser prodotti dall'agitazione dell'aria si chiude tutto l'apparecchio in una scatola di vetro, sulle cui pareti sono segnate alcune divisioni angolari orizzontali, che servono a marcare la grandezza degli angoli descritti dall'indice nello scostarsi dalla sua posizione primitiva di equilibrio. Ed ecco il modo di usarla.

Si prende la sfera di rame pel suo sostegno di gom-

ma lacca, e si carica di una certa quantità di elettricità, mettendola in comunicazione con un conduttore elettrizzato, di poi si rimette nella posizione ordinaria sulla bilancia ; allora il piccolo disco di carta dorata, che la toccava nella sua situazione naturale, riceve per contatto una porzione di questa elettricità per cui n'è respinto. L'indice allontanandosi dalla sfera elettrizzata, dopo diverse oscillazioni si fissa in una certa posizione che forma un angolo colla posizione primitiva. Or questa posizione è determinata dalla forza repulsiva elettrica che obblica il filo di argento o di ottone a torcersi fino a quel punto ; questa torsione è proporzionale alla forza repulsiva, è perciò può servirli di misura.

143. *Legge dell' attrazione, e ripulsione elettrica.* Per meglio fissare le idee supponiamo che questa torsione, o la forza repulsiva che agisce sull'indice sia di 36°; se forzate il filo in senso contrario di una certa quantità il che può farsi; essendo il filo metallico fissato, come si è detto, nella parte superiore della bilancia e propriamente alla base di un tamburo metallico, nella direzione del suo asse; questo tamburo è graduato nel suo orlo, ed è rincalzato in un altro tamburo sul quale si muove a sfregamento resistente ; mediante questo meccanismo si può dare al filo quel grado di torsione che si vuole, movendo il tamburo in modo che l' indice di gomma lacca si avvicina più o meno alla sfera; è chiaro che la torsione, divenendo preponderante, supererà la forza repulsiva, e il piccolo disco dorato si avvicinerà alla sfera ; questo ravvicinamento sarà tanto più sensibile per quanto il filo avrà sofferta maggiore torsione. Supponiamo che si giri il tamburo fino a che l'indice di

gomma lacca faccia un angolo di 18° invece di 36° colla posizione primitiva, si troverà che per portarla a questa posizione vi è bisognato torcere il filo di 126°; questa torsione aggiunta ai 36° che era stata precedentemente causata dalla forza repulsiva; la torsione totale del filo risulterebbe di 162°, se nel secondo caso il piccolo disco fosse rimasto nella stessa posizione di prima; ma siccome si è approssimato di 18°, ne segue che il filo si è svolto di altrettanto, perciò la torsione vera sarà di 162° — 18° = 144.°

Da questi risultati si vede, che allorquando gli allontanamenti dell'indice sono stati 36° e 18°, le forze di torsione che facevano equilibrio alle forze repulsive erano rappresentate da 36° e 144°, dal che segue che se gli allontanamenti dell' indice sono come 2 : 1 le forze repulsive sono come 1 : 4; vale a dire che la forza repulsiva dell' elettricità varia nel rapporto inverso dei quadrati delle distanze. Applicando lo stesso metodo alle attrazioni elettriche, e ripetendolo su ripulsioni ed attrazioni di diversa intensità si trova la stessa legge.

In questi sperimenti gli angoli prodotti dalle deviazioni dell' indice di gomma lacca, nello spostarsi dalla sua posizione primitiva sono misurati ordinariamente da graduazioni tracciate sopra una linea retta non già sopra un arco circolare; ma trattandosi di piccoli angoli, come abbiamo supposto, la differenza non e molto significante, ed adempiendo a questa correzione la legge precedente si trova esatta; ed è rimarcabile che essa è la stessa di quella delle attrazioni celesti.

144. *Misura delle cariche elettriche.* La bilancia di torsione serve anche a dimostrare che le attrazioni e

le ripulsioni elettriche sono proporzionali ai prodotti delle intensità o delle quantità di elettricità che agiscono nei due corpi elettrizzati. Per esempio il disco dorato e la sfera metallica essendo carichi della stessa elettricità, il filo metallico soffre una torsione la quale mantiene questi corpi ad una distanza voluta d; se poi si tocchi la sfera con un'altra sfera isolata di uguale grandezza, che le toglie conseguentemente la metà della sua elettricità: si trova che bisogna diminuire per metà la torsione totale del filo metallico per mantenere il disco dorato alla stessa distanza d; se in seguito si tocchi il disco dorato con un altro disco dorato di simile grandezza ed isolato, sarà necessario ridurre la torsione totale del filo metallico anche alla metà; e per conseguenza al quarto di quella che era in origine, acciò il disco resta sempre alla stessa distanza. In questi tre casi differenti le forze repulsive, agendo sempre alla stessa distanza, sono esse come 1, $^1/_2$, $^1/_4$; e variano conseguentemente nello stesso rapporto dei prodotti delle elettricità libere sparse sopra i due corpi. Da ques'a legge risulta che il disco della bilancia, conservando la stessa quantità di elettricità, se si mette nel sito della sfera un corpo successivamente carico di differenti dosi di fluido libero; i diversi gradi di torsione necessarii per mantenere il disco alla stessa distanza saranno proporzionali alle cariche elettriche successive del corpo assoggettato all'esperimento, e potranno servirli di misura.

145. *Distribuzione dell'elettricità su i corpi conduttori.* Nell'esperienza precedente se si tocchi la sfera con un'altra sfera della stessa grandezza conduttrice ed isolata, ma di un metallo differente ed allo stato natura-

le, il risultato è lo stesso; vale a dire che la ripartizione della materia elettrica si fa ugualmente tra le due sfere. Vi è anche ripartizione uguale, allorchè una delle sfere è piena e l'altra è vuota, qualunque ne sia la grossezza dell'inviluppo di quest'ultima; dal che si deve conchiudere che l' elettricità libera che si spande su di un corpo conduttore dipende dall'estensione della sua superficie, che occupa a preferenza, e non dalla sua natura o spessezza; la profondità fin dove penetra non si conosce, ne si è potuto dedurre nè da sperimenti nè da calcoli. Acciò tutte le sperienze descritte sulla misura delle forze elettriche diano dei risultati esatti, bisogna che il sostegno isolatore della sfera sia di una certa lunghezza, per non far disperdere materia elettrica per questo mezzo; e bisogna correggerle della quantità di materia elettrica che se ne distrae pel contatto dell'aria, la quale perdita cresce con la carica del corpo elettrizzato, con l'agitazione dell'aria, con la sua temperatura, e col suo stato igrometrico.

146. *Teoria dell' elettrizzazione per influenza.* I fenomeni elettrici dipendono non solo dalle azioni che le masse fluide, o della stessa o di natura contraria, esercitano a distanze l' una sull' altra; ma anche dalla scomposizione del fluido naturale, che viene prodotta in un corpo che si trova nel suo stato naturale, dall' elettricità libera sparsa su di un corpo vicino. In fatti quest' ultima causa influisce molto nelle attrazioni e repulsioni dei corpi elettrizzati, e produce dell'elettrizzazione per contatto ed a distanza, e fornisce altresì il mezzo di accumulare l'elettricità prodotta da una debole sorgente, rendendola sensibile moltiplicandone i suoi effetti. Or se

ad un corpo A sospeso ad un cordone di seta si avvicina un cilindro metallico isolato B (Fig. 61) ; avendo questo alle due estremità E ed E' innalzate verticalmente delle bacchette metalliche, ciascuna delle quali alla sua estremità superiore tiene sospeso per mezzo di un filo di lino una pallina di midollo di sambuco ; allorchè si elettrizza il corpo A si vedono le palline scostarsi dalle corrispondenti bacchette che le sospendono; ed è facile riconoscere, che se l'elettricità di A è positiva l'elettricità di E estremità di B più vicina ad A è negativa , e che l'estremità E' la più lontana è positiva ; dappoichè approssimando sussecutivamente alle due palline un bastone di resina pria strofinato, respinge la prima ed attira la seconda.

Se poi si allontana A da B , ovvero si mette A in comunicazione col suolo, per mezzo di un filo metallico , si vedono le due palline discendere fino al contatto colle loro bacchette , e i segni di elettricità dispajono nel cilindro metallico B ; questo avviene perchè i due fluidi segregati tra loro dall'influenza del corpo elettrizzato si sono ricomposti per formare il fluido naturale; il che prova che l'elettricita di A non si è trasmessa in B. Qualora poi si mette B in comunicazione col suolo , stando sottoposto all'influenza di A , si vede la pallina di E' discendere verso la sua bacchetta, e la pallina di E ne resta allontanata , anzi se ne discosta dippiù; il che dipende perchè l'influenza di A quantunque limitata dalle attrazioni scambievoli dei fluidi separati, attira in E una maggior quantità di elettricità negativa , qualora l'elettricità positiva di E' si trasmette al suolo.

Le sperienze precedenti c' instruiscono dell' influenza che esercita una massa di fluido libero a distanza, e di tutte le circostanze che accompagnano la comunicazione dell'elettricità fra i corpi; bisogna ora convenire del modo come si effettuisce questa comunicazione. Allorchè una sfera metallica elettrizzata ed isolata si mette in contatto con un'altra sfera metallica anche isolata, ma non elettrizzata, una porzione dell'elettricità libera della prima sembra passare nella seconda; ma quantunque il risultato sia lo stesso pur non avviene a questo modo; ma bisogna dir piuttosto, che a proporzione che i due corpi si avvicinano tra loro, l'elettricità libera del primo agisce per influenza sul fluido del secondo, respingendo l'elettricità della stessa specie, ed attirando quella di specie contraria, che neutralizza, e l'elettricità respinta è quella che diviene libera sul secondo corpo.

147. *Elettrometri o elettroscopii.* Per determinare la natura dell'elettricità sviluppata su di un corpo s'impiegano alcuni apparecchi chiamati *elettrometri o elettroscopi.* Coulomb si è servito per le esperienze delicate e qualora si trattava su piccole quantità di elettricità, di un elettroscopio la cui forma corrisponde presso a poco a quella della bilancia elettrica (Fig. 62) in cui l' indice di gomma lacca è sostenuto da un filo di seta non torto; dopo aver comunicato al disco dorato una leggiera dose di elettricità conosciuta, si dispone un piccolo conduttore terminato da due palline, e inviluppato in un cilindro di vetro che serve a mantenerlo, di maniera che una delle palle sia nella scatola dell' apparecchio, e l'altra si tocca col corpo da saggiare; secondochè il disco dorato è attirato o respinto si conchiude

che l'elettricità comunicata al conduttore è di diversa o della stessa natura di quella del disco dorato.

Gli elettrometri ordinariamente si hanno sospendendo ad alcuni gancetti posti al di sotto del coverchio metallico di una bottiglia di cristallo due fili di paglia, o due palline di midollo di sambuco o di sughero con fili di lino, a cui soglionsi sostituire due foglioline di oro le quali cadono parallelamente, avendosi a questo modo un elettrometro più sensibile; ed acciò l'aria interna della bottiglia sia il più che si può spogliata di umidità vi si depone nel fondo una sostanza disseccante. Qualora se ne vuole far uso, si fa toccare la covertura metallica della bottiglia con un corpo elettrizzato, questa comunica la sua elettricità ai corpi sospesi al di sotto di essa, i quali caricati di elettricità dello stesso nome si repellono; or l'intensità della carica elettrica essendo corrispondente all'intensità della repulsione dei due corpi sospesi, questa che può essere misurata da un arco graduato posto nel fondo della bottiglia, dà la misura dell'intensità della carica elettrica.

L'elettroscopio a foglie di oro è lo più sensibile come si è detto, e si può aumentare di più la sua sensibilità adattando nel fondo della bottiglia due bacchette metalliche, che si elevano in direzione verticale fino all'altezza delle estremità inferiori delle foglie di oro; (Fig. 63) cosicchè le foglie di oro elettrizzate si respingono, e la loro repulsione viene aumentata dall'attrazione prodotta dalle bacchette metalliche, da cui sono affiancate.

148. *Condensatori, ed elettrometri condensatori.* Il celebre italiano Volta immaginò un apparecchio per accumulare, e rendere sensibile le piccole quantità di

elettricità prodotte da una debole sorgente, che chiamò *condensatore*; questo apparecchio dà conoscenza delle piccole quantità di elettricità, che non sarebbero manifestate dagli elettrometri ordinarii.

Il nome di condensatore si dà ordinariamente a tutti gli apparecchi destinati ad accumulare sopra una superficie una grande quantità di elettricità, comparativamente a quella che somministra la sorgente. Questi apparecchi si compongono per lo più da due foglie metalliche separate da una lastra di vetro. Ma qualora si vogliono adoperare delle sorgenti di elettrità debolissime, bisogna che il corpo isolante interposto sia di pochissima spessezza, sostituendosi ordinariamente alla lastra di vetro v' è uno strato di vernice. Il condensatore di Volta si compone di un piatto metallico chiamato collettore, il quale poggia su di una tavoletta di legno ricoverta di taffettà verniciata (Fig. 64).

L'elettrometro a foglie di oro acquista maggiore sensibilità allorchè è munito di un condensatore; allora il piatto metallico al di sotto del quale sono sospese le foglioline di oro, è ricoperto superiormente da uno strato di vernice di gomma lacca; vi si adatta al di sopra un altro piatto metallico ricoverto al di sopra di uno strato della stessa vernice, e fornito di un manico isolante (Fig. 65); il doppio strato di gomma lacca basta per impedire la riunione delle due elettricità. Allorchè si mettono i piatti uno in comunicazione col suolo l'altro con una sorgente di elettricità, si avrà condensazione e manifestazione di elettricità; dimodochè se in seguito si isolano i piatti metallici, o si toglie il superiore, l'e-

lettricità nel piatto inferiore divenuta libera, si manifesta coll'allontanamento delle foglioline metalliche.

149. *Elettroforo*. Spesse volte per procacciarci le scintille usiamo uno strumento chiamato elettroforo; il quale consiste in una padella di lamerino o di legno ripiena di sostanza resinosa, che presenta una superficie levigata ed esente da scabrosità e fenditure; sulla quale superficie resinosa poggia un piatto metallico, che ha nel suo centro un manico isolante (Fig. 66); stropicciando sulla superficie resinosa con un panno di lana o con una pelle, e poggiandovi di poi il piatto sopra, l'elettricità negativa che si manifesta nella superficie resinosa agisce per influenza decomponendo il fluido naturarale del piatto metallico, che si fa comunicare col suolo, in maniera che vi resta del fluido positivo latente; se si sospende il piatto isolato, la sua elettricità latente diviene libera, in modo che può trasmettersi ad un altro corpo.

I fucili elettrici a gas idrogeno hanno un elettroforo, in cui il movimento del rubinetto, che dà uscita al gas idrogeno fa muovere il piatto metallico dell'elettroforo; e per mezzo di un filo conduttore la scintilla elettrica passa attraversando il getto del gas, e l'accende.

150. *Bottiglia di Leyde, sua carica, e discarica, batteria elettrica di bottiglie.* Di tutti gli apparecchi atti ad accumulare l'elettricità lo più importante è la *bottiglia di Leyde*, perchè scoverta nella Città di Leyde. La parte principale di quest'apparecchio (Fig. 67) consiste in una lastra o meglio un vase di cristallo, che ordinariamente ha la forma di una bottiglia, in cui il cristallo non sia molto doppio; essa è rivestita internamente ed esteriormente da lamine di oro, di argento,

o di stagno, fino a poca distanza dalla sua bocca o dal suo orlo; queste rivestiture si chiamano armature della bottiglia, e con distinzione la covertura interna armatura interna, e l'esterna armatura esterna; la porzione scoperta si ricopre ordinariamente di uno strato di gomma lacca, per impedire maggiormente la comunicazione tra l'armatura interna e l'esterna; l'apertura del vase o della bottiglia è chiusa da un sughero pel cui centro passa un asta metallica disposta verticalmente, di cui l'estremità inferiore tocca l'armatura interna della bottiglia o direttamente o mediante una catena metallica, e la superiore è terminata da una pallina metallica. Il più delle volte l'armatura interna viene formata da una quantità di foglioline d'oro o di argento poste alla rinfusa nella bottiglia. Se è una lastra piana o curva in vece della bottiglia o di altro vase di cristallo, questa è ricoperta anche nelle due superficie da foglie metalliche, in cui vi è però sempre uno strato scoperto intorno, onde impedire la comunicazione delle due armature; quest'apparecchio che è un ottimo condensatore ha il nome speciale di *quadro magico*: in esso si può accumulare l'elettricità sopra una delle sue superficie, mettendola in comunicazione con una sorgente di elettricità, e facendo comunicare l'altra col suolo.

Per caricare una bottiglia di Leyde si tiene con la mano per l'armatura esterna, o questa si poggia sul suolo facendo comunicare l'asta metallica che corrisponde all'armatura interna, col conduttore di una macchina elettrica, ovvero sospendendola al conduttore per mezzo dell'asta metallica, che il più delle volte è conformata a gancetto nella sua estremità superiore, e mettendo

l'armatura esteriore in comunicazione col suolo. Nei due casi, la bottiglia staccata dal conduttore, si troverà la sua parete interna carica di elettricità della stessa natura di quella del conduttore, e l'esterna di elettricità opposta. Se si fanno comunicare le due armature di una bottiglia, così caricata, mediante un corpo conduttore, le due elettricità in esse accumulate si precipiteranno l'una verso l'altra per formare il fluido naturale, e vi sarà allora una esplosione tanto più forte per quanto la sorgente elettrica è stata più energica, e la causa condensante più potente; a questo modo si opera la scarica della bottiglia di Leyde: Ordinariamente per operarla si usa un piccolo apparecchio che porta il nome di *eccitatore*, che consiste, o in un arco di filo di ottone terminato da due palline metalliche, o in due bacchette di ottone articolate a forbice, le due braccia curve sono terminate per due estremità da due palline metalliche, essendo fornite le altre due estremità da manichi isolanti (Fig. 68); si prende con le due mani o l'arco metallico e s'incurva finchè le due palline venghino in contatto con le due armature della bottiglia, ovvero con i manichi isolanti, i quali si avvicinano e discostano per fare che le due palline si mettano a contatto una coll'armatura esterna e l'altra coll'armatura interna della bottiglia.

151. Se nella carica della bottiglia l'armatura esteriore è isolata si ha una carica debolissima, e come se l'armatura interna facesse parte del conduttore. Possiamo facilmente assicurarci che le superficie interna ed esterna di una bottiglia caricata, contengono elettricità opposte, sospendendo un pendolo (Fig. 69) fra due

palline che comunicano con le due armature, e ritenute alla stessa altezza della pallina del pendolo. Dietro che si è caricata ed isolata la bottiglia, l'elettricità naturale del pendolo è decomposta dalla doppia influenza delle palline che l'affiancano, vedendosi esso attirato e respinto or dall'una or dall'altra delle due palline, che comunicano colle due armature; essendo la prima ad attirarlo quella che corrisponde all'armatura interna, perchè gode di un'azione più energica; osservandosi in ciascun contatto una scintilla o ricomposizione di fluido naturale, e queste oscillazioni finiscono con la discarica della bottiglia.

Le armature metalliche di una bottiglia sono utili soltanto per la carica e la discarica della bottiglia, mettendo in comunicazione i diversi punti della superficie del vetro, ma non già perchè in esse si accumula l'elettricità. Per mettere questo in piena evidenza basta avere una bottiglia le cui armature non sieno aderenti alla bottiglia, acciò facilmente se ne possono distaccare; o se in vece della bottiglia si adopera un semplice disco di vetro interposto tra due piatti metallici; questo condensatore si può caricare col processo ordinario, e separarne in seguito sussecutivamente i dischi metallici. Mettendo in comunicazione le superficie del disco di vetro per mezzo di un corpo conduttore si ha una discarica quasi così puderosa che quando era armato dai due dischi metallici; dal che si può conchiudere che la carica elettrica risiede quasi totalmente nelle due superficie del vetro. Avvertendo però che le due superficie del disco di vetro non essendo armate non succede la discarica in una sol volta e totalmente, discaricandosi soltanto quei

punti che si mettono in comunicazione ; ma ripetendo la discarica nei diversi punti, e cumulandole corrispondono esattamente alla discarica totale che si ha allorchè è fornito di armature.

152. *Effetti prodotti dalla discarica di bottiglie, e modo di aumentarli.* La discarica della bottiglia di Leyde, come quella di tutt' i condensatori in generale produce effetti rimarcabilissimi, qualora la materia elettrica attraversa i corpi; ma prima di descrivere questi effetti è necessario indicare i mezzi che sono in nostro potere per aumentare l'intensità della carica, o le masse di elettricità contrarie, onde avere nella discarica effetti più energici. Or dietro le teoriche esposte, le quantità di fluido accumulate sulle armature di un condensatore sono tanto più grandi, per quanto la sorgente produttrice dell' elettricità è più energica, la lamina di cristallo ha minor grossezza, e le superficie metallice sono più estese; dobbiamo esaminare fino a che punto queste tre cause differenti possono concorrere per corrispondere allo scopo.

La sorgente di elettricità è ordinariamente una macchina elettrica in attività ; la sua energia dipende dalla natura del corpo strofinante, dall'estensione della superficie strofinata, dalla velocità di rotazione del disco, e dal grado di conducibilità dell' aria che lo circonda. Di fatti allorchè il conduttore è munito di un pendolo indicatore (Fig. 70.), si vede questo pendolo elevarsi a poco a poco allorchè la macchina si mette in attività, e dopo un certo tempo si stabilisce ad una data elevazione, nella quale resta fisso finchè dura l'attività della macchina; dal che si conchiude che la tensione elettrica au-

menta gradatamente sul conduttore, fino ad un certo limite, al di là del quale non aumenta più. Da ciò possiamo convenire che il movimento uniforme del piatto fornisce quantità costanti di elettricità libera, che passano nel conduttore, e nello stesso tempo il contatto dell'aria distrae da questo una porzione di elettricità tanto maggiore per quanto la carica è più forte; la perdita, quantunque inferiore all'acquisto, ma crescendo in corrispondenza della carica elettrica, deve giungere ad uguagliarla, e da quest'istante l'elettricità che si disperde pel contatto dell'aria uguaglia quella che li somministra la macchina. Quest'equilibrio venendo a succedere tanto più tardi, e conseguentemente il limite della carica è di tanto più forte, per quanto il movimento del disco fornisce più elettricità, e che l'aria ne distrae meno; l'energia della sorgente sarà dunque favorita da tutte le circostanze che aumentano lo sviluppo dell'elettricità, e che diminuiscono la conducibilità dell'aria; perciò quanto più è estesa la superficie strofinata del disco, e quanto più questo ha un movimento celere, e quanto più l'aria atmosferica è secca, tanto più la carica è intensa che il condensatore riceve dalla macchina.

La grossezza della lamina di cristallo, che separa le due armature, non può essere impicciolita al di là di un certo limite; essendo dimostrato dall'esperienza, che la tendenza alla riunione delle due elettricità accumulate sulle due superficie di questa lamina può determinarne la rottura, qualora le pressioni prodotte dalle loro accumulazioni sono molto considerevoli. Ad ovviar ciò è necessario dare una certa spessezza al cristallo affinchè la sua frattura non potesse aver luogo; perciò il

solo mezzo che ha rapporto al condensatore, onde aumentare in esso la carica elettrica, consiste nell'estendere le superficie delle sue armature, il che si ottiene facilmente, disponendo molte bottiglie in modo che si possono caricare e discaricare tutte in una sola volta; quest' apparecchio, che dà un effetto moltiplicato, porta il nome di *batteria elettrica*. La batteria è situata in una stessa scatola ricoverta nel fondo da una foglia di stagno, che comunica col suolo; un conduttore formato da bacchette metalliche mette in comunicazione tutte le armature interne, e può esser posto in contatto col conduttore della macchina elettrica (Fig. 71). Un condensatore le cui superficie metalliche sono dell'estensione di 8 a 10 piedi quadrati, basta per produrre la maggior parte dei fenomeni dovuti al passaggio istantaneo dell'elettricità a traverso dei corpi.

153. Allorchè una macchina non elettrizza che il solo suo conduttore, il pendolo indicatore in esso adattato s'innalza rapidamente, e ben tosto giunge alla massima elevazione; ma qualora la macchina è impiegata a caricare una batteria, il pendolo indicatore monta più lentamente, e la sua elevazione è minore; la spiegazione di questa differenza n'è facile, dappoichè nel secondo caso è come se la macchina dovesse caricare di elettricità un conduttore la cui superficie avesse una estensione corrispondente a quella della batteria; nel qual caso l'elettricità somministrata dal disco, animata dalla stessa velocità, dovendosi spandere su di una superficie molto più estesa, l'accrescimento della sua carica deve essere per la stessa ragione molto più lenta; dippiù l'aria avendo un' influenza su di una superficie più estesa cagiona

una perdita maggiore ; talmentechè lo stato di equilibrio , di cui abbiamo parlato precedentemente, tra le quantità di elettricità acquistate e perdute contemporaneamente, devesi stabilire in uno stato di carica più debole di quanto la macchina non ha che il solo suo conduttore a saturare.

Dal fin qui detto risulta che per caricare direttamente, ed in un tempo limitato un condensatore, le cui superficie sono di molta estensione , bisogna mettere in opera una macchina molto energica ; ma possiamo con una macchina anche di forza limitata ottenere una carica di molto energia in una betteria , disponendola in un modo particolare , ed allora dicesi *carica per cascata*. La batteria essendo composta da molte bottiglie, e disposte l'una in seguito dell'altra, in modo da far comunicare l'armatura interna della prima bottiglia con la macchina, e l'armatura esterna di questa con l'interna della seconda bottiglia , l'armatura esterna della seconda con l'interna della terza, e così di seguito fino all'ultima , la cui armatura esterna comunica col suolo. Mettendo in attività la macchina l'armatura interna della prima bottiglia si carica di elettricità positiva e respinge il fluido dello stesso nome dalla sua armatura esterna , che va a caricare l' armatura interna della seconda bottiglia, e così di seguito; in questa operazione ciascuna delle bottiglie poste in seguito è meno carica della precedente; ma se dopo alcuni minuti che ha operata la macchina s'interrompono le comunicazioni successive, e si fanno comunicare tutte le armature interne col conduttore della macchina , e tutte le armature

esterne col suolo, pochi altri giri del disco bastano a compiere la carica della batteria intera.

Per dar luogo alla discarica di una batteria bisogna mettere una delle palline dell' eccitatore in comunicazione col sistema delle armature esteriori, e di poi avvicinare l' altra pallina ad un punto del conduttore che comunica colle armature interne delle bottiglie, si avrà una scintilla tanto più estesa e brillante, e lo scoppio, che l' accompagna, tanto più intenso per quanto la carica è più forte. Il più delle volte nei condensatori di grandi superficie la discarica non avviene in una sola volta, in modo che l' eccitatore dà per la seconda volta un altra scintilla, la quale è sempre più debole che la prima; questo ci fa credere che le pareti ancorchè armate non si scaricano tutto ad un tratto, e che vi è una certa resistenza nella discarica compiuta, in modo che rimangono in qualche punto certe frazioni di elettricità, che si spandono uniformemente sulle superficie del condensatore costituendolo in una carica più debole.

154. Dopo aver esposte le leggi che seguono le forze elettriche, data la teorica degli strumenti atti a manifestare la presenza dell'elettricità libera e indicarne la sua natura, e spiegato in che modo negli apparecchi si condensa la materia elettrica; ci resta a descrivere gli effetti prodotti dal passaggio dell' elettricità a traverso dei corpi. Essi possono distinguersi in effetti fisici, chimici, e fisiologici; noi ci occuperemo particolarmente dei primi, diremo ciò che si conosce degli effetti fisiologici, e ci riserbiamo di trattare in seguito degli effetti chimici.

Il corpo umano è un buono conduttore dell'elettricità, principalmente per i liquidi che contiene; dimodo-

chè una persona stando in comunicazione col suolo, se si avvicina a qualche punto del conduttore di una macchina in attività ne tira talune scintille; se poi poggia su di uno scannetto, le gambe del quale sono di vetro o di resina, mettendosi in comunicazione con una sorgente di elettricità esso presta l'uffizio di un conduttore di una macchina, cosicchè si possono tirare le scintille da tutte le parti del corpo, i capelli si erigono, e le estremità divengono luminose nell'oscurità al pari di tutte le punte elettrizzate. In queste due circostanze opposte le scintille elettriche, tirate da una parte qualunque del suo corpo, li destano una sensazione brusca e dolorosa.

Allorchè si scarica una bottiglia di Leyde toccando con le mani le due armature, si risente principalmente nelle articolazioni un movimento accompagnato da un dolore tanto più vivo, per quanto la carica è più intensa; questo è ciò che dicesi commozione elettrica. Se più persone si tengono per le mani formando una catena, e la prima tocca o tiene con la mano l'armatura esterna della bottiglia, e l'ultima tocca la pallina che comunica coll'armatura interna, tutte provano la stessa commozione. La discarica di una batteria ordinaria basta per far cadere in asfissa, e produrre alcune lesioni nell'organismo; e la discarica secondaria che si ha dopo la prima discarica di una possente batteria può essere anche dannosa; perciò, onde allontanare qualunque accidente, bisogna lasciare per qualche tempo una comunicazione metallica tra le due armature della batteria dopo la discarica principale.

155. *Effetti calorifici e luminosi.* Se si dispongono certi corpi sul cammino che deve seguire l'elettricità

nella discarica di una betteria, o di una semplice bottiglia di Leyde si osservano gli effetti corrispondenti a quelli prodotti da una elevata temperatura, come sarebbero la fusione e l'ossidazione dei metalli. Se i corpi interposti non sono buoni conduttori questi possono essere franti, perforati, e presentare effetti simili a quei prodotti dal fulmine. Questo fenomeno può osservarsi comodamente per mezzo dell'eccitatore universale; il quale consiste in una piccola tavoletta di legno (Fig. 72); nelle di cui parti laterali s'innalzano due colonnette di cristallo che sostengono trasversalmente due aste metalliche terminate da due palline, le quali hanno un movimento di altaleno. In mezzo alla tavoletta s'innalza una colonnetta sulla quale poggiano i corpi che vogliionsi assoggettare all'esperienza, in modo che abbassando le aste orizzontali la toccano; le altre estremità di queste sono poste in comunicazione una coll'armatura esterna di un condensatore per mezzo di una catena, e l'altra col sistema delle armature interne mediante l'eccitatore ordinario.

Se si adatta tra le due braccia dell'eccitatore universale un filo di ferro sottile di una lunghezza conveniente, questo diviene incandescente nella discarica di un condensatore, brucia e si disperde in una infinità di piccoli grani allo stato di ossido. Un filo di oro, nella stessa circostanza, è volatilizzato in una polvere violetta che macchia gli oggetti vicini. Il passaggio rapido dell'elettricità è bastante per infiammare i corpi combustibili, come l'idrogeno nel fucile elettrico, le resine, lo spirito di vino, la polvere di cannone ec.; l'etere posto in una capsola sul conduttore della macchina elettrica s'in-

fiamma allorchè si tira una scintilla dalla sua superficie col dito, o con un corpo conduttore qualunque.

È difficile assegnare la vera causa dello sviluppo di calorico che sembra accompagnare l'esplosione, o la scarica elettrica, particolarmente allorchè produce l'incandescenza, o la fusione dei metalli; e si crede che possa dipendere dalla compressione violenta prodotta dal passaggio rapido del fluido elettrico su i corpi che attraversa. L'esperienza seguente è in appoggio di questa idea, dimostrando che vi è in effetti movimento di aria, allorchè una scarica elettrica ha luogo tra due conduttori vicini. In un forte tubo di vetro (Fig. 73) situato verticalmente, e chiuso ai suoi estremi da due sugheri, che sono attraversati da due bacchette metalliche terminate da due palline, che s'immettono nell'interno del tubo, restando situate una dirimpetto all'altra ad una conveniente distanza; un altro tubo di piccolo diametro che s'innalza verticalmente comunica colla base del primo, avendo l'altra estremità aperta nell'atmosfera; il basso del tubo è occupato da un liquido colorato, il di cui livello sormonta per qualche poco la comunicazione col piccolo tubo; cosicchè resta interrotta la comunicazione del grande tubo coll'aria esterna. Allorchè le estremità esterne delle due bacchette metalliche si mettono in comunicazione con le armature di un condensatore, la discarica si effettuisce, e si osserva che il livello del liquido si eleva momentaneamente nel tubo laterale. Or dunque l'aria è rimossa allorchè due masse di elettricità contraria si portano l'una verso l'altra per combinarsi; e questo spostamento subitaneo cagiona una compressione locale che si propaga negli stra-

ti lontani, e produce sviluppo di calorico, e lo strepito dell'esplosione; ed a questo calorico sviluppato per effetto di questa compressione si deve attribuire la luce delle scintille. Ma non si saprebbe dare spiegazione per mezzo di questa ipotesi dei cangiamenti di volume che subisce la luce elettrica, allorchè l'esplosione ha luogo in un'aria che va minorando di densità, nè della luce pallida e scolorita che presenta l'elettricità allorchè essa si spande in uno spazio vuoto.

La luce elettrica si può osservare, disponendo su di un pezzo di cristallo di una forma qualunque dei pezzettini di lamine metalliche, separati gli uni dagli altri da piccioli intervalli, che si fanno attraversare da una corrente elettrica. Se questi pezzettini di lamine metalliche formano l'armatura esterna di una bottiglia di Layde, nella carica e nella discarica si osservano una moltitudine di scintille prodotte dal passaggio dell'elettricità per questo conduttore disgiunto.

156. *Elettricità nel vuoto*. Il passaggio dell'elettricità nel vuoto si osserva per mezzo di un lungo tubo di vetro, chiuso a suoi estremi da due dischi di metallo, uno dei quali è attraversato da un'asticina metallica che porta due palline situate nelle sue estremità; l'altro disco ha nel suo centro un buco al quale si adatta dalla parte esteriore un rubinetto, e nella superficie interna vi è un'asticina metallica che termina in una palla posta dirimpetto alla prima (Fig. 74). Si apre il rubinetto e si adatta ad una macchina pneumatica per estrarre l'aria dal tubo al più compiutamente possibile; chiuso il rubinetto si distacca l'apparecchio dalla macchina pneumatica, e si dispone in modo che il disco nel qua-

le vi è attaccato il rubinetto comunica col suolo, e la pallina esteriore del disco opposto è tenuta a piccola distanza dal conduttore di una macchina elettrica. Facendo girare il disco di questa, si osserva nell'oscurità, a ciascuna scintilla che si distacca dal conduttore, un getto di luce celeste pallida, che occupa tutto l'interno del tubo vuoto di aria. Si può usare in vece del tubo un vase di vetro di forma ellittica come è espresso nella (Fig. 75). Questo sperimento dimostra puranche, che l'aria atmosferica secca non conduce l'elettricità, e ritiene colla sua pressione la materia elettrica sulle superficie dei corpi; dappoiche si distacca immediatamente da questi nel vuoto.

157. *Distacco di particelle ponderabili, ed effetti meccanici operati dall'elettricità.* Il colorito della luce elettrica varia in corrispondenza dello stato igrometrico dell'aria, e della natura dei corpi tra quali succede la scarica elettrica; il che ci manifesta che il fluido elettrico trascina con sè talune particelle dei corpi pe'quali attraversa. Di fatti il signor Fusinieri ha dimostrato che le scintille che si hanno dalla discarica di una sfera di ottone o di argento ben carica di elettricità, trasportano con esse del metallo in fusione; se la sfera di argento è separata dalla pallina dell'eccitatore da una lamina di rame di una certa spessezza situata obliquamente, le particelle di argento trasportate dalle scintille perforano la lamina di rame, e aderiscono in parte lungo le pareti del canale obliquo che si forma; penetrando altre particelle nella pallina dell'eccitatore. Dopo una forte scintilla prodotta tra due palline di differenti metalli, come rame ed argento, si osservano talune

particelle del rame sulla pallina di argento o viceversa. Perciò è da credersi che l' incandescenza e la combustione di queste particelle metalliche facilmente ossidabili, producono la luce viva delle scintille, ch'è di colorito vario a seconda dei diversi metalli.

Un gran numero di esperienze provano l'esistenza di una forza di espansione, che tende ad allontanare da un corpo conduttore le particelle dalla sua superficie, allorchè questo corpo viene attraversato da una poderosa scarica elettrica. Priestley ha osservato che la discarica di una energica batteria elettrica, operata da una grossa catena di metallo, fa staccare da questa catena una polvere nerastra che macchia i corpi vicini; avendo trovata una piccola minorazione nel peso della catena. Un pezzo di carbone, posto su di un pezzo di legno tenero, è ridotto in polvere allorchè viene attraversato da una forte scarica, la quale s'intromette nel legno; il che può attribuirsi probabilmente alla ripulsione del fluido libero accumulato alla superficie del corpo conduttore, mentrecchè le sue particelle ponderabili si devono repellere con forza corrispondente alla carica elettrica.

158. Il passaggio istantaneo dell'elettricità attraverso di un corpo conduttore può produrre due effetti distinti cioè la fusione o la polverizzazione di porzione di esso; è difficile indicare le circostanze che devono concorrere per produrre l'uno o l'altro effetto; dappoichè possono ottenersi nel medesimo tempo e sullo stesso corpo conduttore. Di fatti Priestley servendosi di una batteria di una superficie di 40 piedi quadrati, che ne operò la discarica mediante una piccola lamina di un metallo, con la quale tirava le scintille dal suo centro, os-

servò su questa lamina certe macchie circolari , talune composte di punti brillanti e di cavità, che l'indicarono una fusione superficiale , le altre prodotte da una polvere nera poco aderente; queste macchie concentriche si succedevano alternando. Lo stesso fenomeno fu osservato sulle lamine polite di diversi metalli, ma la grandezza dei cerchi concentrici, e la profondità delle cavità furono varie per i diversi metalli.

Tutti questi fatti, qualunque sieno, concorrono a provare che l'elettricità accumulata istantaneamente in un corpo solido tende a distruggere la sua forza di aggregazione. Per tale ragione un liquido elettrizzandosi acquista maggior fluidità, il che viene confermato dal seguente sperimento: se si sospende per mezzo di una catena al conduttore di una macchina elettrica un vase di metallo pieno di acqua, fornito nel basso di un'apertura capillare, per la quale il liquido può gocciolare; subitochè si fa girare il disco di cristallo della macchina le gocce minorano di grandezza, ma si succedono più presto, e dopo poco tempo il gocciolio si converte in un filetto sottile, dando una vena continua; la quantità di acqua fornita dall'orifizio è sempre la stessa in tutte le circostanze, variando soltanto per la diversa altezza del liquido nel vase. Ciò può dipendere dalla minorazione sì della forza di aggregazione che dell'azione capillare.

159. *Effetti meccanici prodotti dall' elettricità.* Un corpo di non molta spessezza non conduttore , come una lamina sottile di vetro viene bucata allorchè si situa tra due punte metalliche fissate alle due braccia isolate di un eccitatore universale , essendovi sul

vetro in corrispondenza delle punte metalliche una goccia di olio, per impedire la dispersione dell' elettricità, e fare che la scarica avesse luogo fra le due punte a traverso la lamina isolante. Per una causa simile avviene la rottura di una bottiglia di Leyde, allorchè è formata da cristallo troppo sottile, e si assoggetta ad una carica forte.

160. *Velocità della materia elettrica*. Si è per lungo tempo cercato di determinare la velocità con la quale si propaga l'elettricità a traverso de'corpi conduttori; ma la rapidità con cui si trasmette la materia elettrica non fa marcare alcuna differenza di tempo per le diverse lunghezze di cammino. Il Signor Wheastaton mediante un apparecchio da lui ideato, ha trovato che il fluido elettrico percorre per un filo di ottone di due millimetri di diametro una estensione di 115000 leghe per ogni secondo di tempo; questo fatto dimostra che la materia elettrica ha una velocità molto superiore a quella della luce.

161. *Elettricità atmosferica*. L'analogia tra gli effetti prodotti dalla macchina e dalle batterie elettriche, con quelli che si osservano nell'atmosfera nei tempi burascosi fece concepire al celebre Franklin la possibilità di dimostrarne l'identità delle loro cause; esso immaginò di innalzare nell' aria alcuni cervi volanti forniti di piccole punte metalliche, e sostenuti da cordicine nelle quali erano intessuti alcuni sottili fili di metallo, e queste ritenute al suolo da corpi isolanti. Allorchè uno di questi veniva in prossimità di una nuvola burascosa, si potevano tirare dalla sua corda poderose scintille della

lunghezza di più piedi, accompagnate da uno scoppio corrispondente a quello di un'arme da fuoco.

Charles fisico francese fece costruire un simile apparecchio; il suo cervo volante era ritenuto da un forte cordone di seta intrecciato con fili metallici, e ligato col suo estremo ad un arganetto isolato. Per evitare qualunque danno, sospese in vicinanza dell'estremità inferiore del cordone un filo di ottone; or siccome la materia elettrica presceglie il passaggio pel miglior conduttore a distanze uguali, perciò non si ha niente a temere mediante questa disposizione, e si possono studiare tutt'i fenomeni prodotti dall'elettricità atmosferica.

162. Non solo nelle nubi risiede l'elettricità libera, ma anche nell'atmosfera; del che ce ne possiamo assicurare per mezzo di un elettrometro, la cui armatura ha un conduttore di una certa lunghezza terminata in punta, come quello della (Fig. 76). Questo essendo sollevato a tre o quattro palmi dal suolo in una campagna rasa, dà indizii di elettricità sempre positiva qualora l'aria è secca, e positiva o negativa nei tempi di pioggia; in quest'ultimo caso è necessario fissare all'asta dell'elettrometro una coppa di ottone, di tale diametro acciò l'armatura sottoposta del conduttore non si bagni. Da lunga serie di sperimenti eseguiti con questi apparecchi, siamo assicurati che l'elettricità sparsa nell'aria secca è sempre positiva, e che questa cresce in intensità a misura che uno si eleva nell'atmosfera. I Signori Gay-Lussac e Biot nelle loro ascensioni areostatiche hanno osservato, che un filo metallico bastantemente lungo sospeso alla barchetta, si trovò elettrizzato negativamente nella sua parte superiore, quantunque in un

tempo perfettamente sereno; il che si può spiegare perchè gli strati superiori dell'atmosfera, essendo in uno stato di elettricità più positiva degli strati inferiori, determinano una elettrizzazione per influenza più potente nella parte superiore del filo metallico verticale. Le osservazioni eseguite in uno stesso luogo, e sempre in tempo sereno, hanno dimostrato che lo stato elettrico degli strati inferiori dell'atmosfera subisce cambiamenti quasi costanti in ciascun giorno: Di fatti due ore circa prima del sorgere del sole e due ore circa prima del tramontare l'elettrometro marca le più piccole intensità elettriche; un'ora dopo che è spuntato il sole e qualche ora dopo il suo tramontare si ha nell'elettrometro la massima intensità elettrica. Le variazioni ordinarie dell'igrometro bastano per spiegare questi risultati generali: Di fatti verso la fine della notte una gran parte dell'elettricità degli strati inferiori dell'atmosfera si precipita nel serbatojo comune, sì pel deposito della ruggiada, che per la conducibilità facile di questi strati dovuti al loro stato eccessivamente umido; ma subitochè il sole si eleva sull'orizzonte la terra si riscalda, ed i vapori che si elevano, danno maggior conducibilità agli strati medii; cosicchè l'elettricità degli strati superiori si trasmette in maggior quantità negli strati inferiori, e l'elettrometro in questi stabilito deve indicare il più alto stato elettrico. Continuando ad agire i raggi solari si scema lo stato igrometrico dell'aria, le regioni elevate s'isolano più compiutamente, e perciò lo stato elettrico degli strati inferiori diminuisce, il che viene indicato dall'elettrometro. Quando il sole si avvicina al suo tramontare l'aria è satura di vapori e conduce me-

glio l'elettricità, onde l'elettricita degli strati superiori passa verso gli strati aderenti al suolo, e l'elettrometro marca uno stato elettrico maggiore. Finalmente tutte le parti dell'atmosfera, limitate verso l'alto dagli strati sforniti di umidità, perdono durante la notte la maggior parte della loro elettricità; e perciò l'elettrometro marca una minorazione fino al giorno susseguente. Le osservazioni elettrometriche fatte successivamente per più anni hanno fatto conoscere, che la carica elettrica dell'atmosfera nei giorni sereni aumenta progressivamente dal mese di giugno fino alla fine di gennajo, e diminuisce da gannajo in seguito; quelle poi fatte nei tempi di pioggia e di neve danno certe indicazioni troppo dissimili e irregolari, da non poterne dedurre una legge generale. Se si confrontono i risultati ottenuti nei giorni piovosi di uno stesso anno, si trova presso a poco lo stesso numero di giorni in cui la carica dell'elettrometro è positiva, ed in quelli in cui è negativa.

163. *Cagioni produttrici dell' elettricità atmosferica.* Per lungo tempo si è cercato dai fisici la causa dello sviluppo dell'elettricità dell'atmosfera; molti fatti sembrano provare che l'evaporazione dell'acqua alla superficie della terra dà origine a questo fenomeno. Un seguito di sperimenti eseguiti dal Signor Pouillet ci fanno conoscere che l'acqua pura evaporandosi non dà alcun segno di elettricità; ma che vi sono segni manifesti di elettricità nell'atmosfera, allorchè l'acqua evaporata contiene un sale in dissoluzione, essendo allora i vapori carichi di elettricità positiva; or l'acqua alla superficie della terra non essendo mai pura, perciò la sua evaporazione diffonde l'elettricità nell'atmosfera; e que-

sta elettricità è quella che si trasmette attraverso dell'aria umida fino alle nuvole.

Il Signor Gay-Lussac ha dato una spiegazione soddisfacentissima dell' elettrizzazione delle nubi ; riguardando i globuli vesciculari che compongono le nuvole, come quelli che danno alla massa di aria ciscostante la proprietà di condurre la materia elettrica; e considerando una nuvola come un corpo conduttore quantunque imperfetto, si capisce che nel momento della sua formazione, tutta l' elettricità sparsa nella massa di aria che racchiude si spande nella sua superficie ; e le nuvole così caricate, qualora vengono in contatto o in prossimità, possono dar luogo a certe esplosioni, trovandosi cariche di elettricità opposte o inegualmente cariche della stessa elettricità. Resta a conoscersi come avviene questo diverso stato elettrico in esse, essendo l'atmosfera elettrizzata positivamente. Le nuvole sono prodotte a diverse altezze, e l'esperienza ci fa conoscere che l'elettricità atmosfera in un tempo sereno è in uno stato più positivo in corrispondenza della maggior distanza dalla superficie della terra ; dal che si può ammettere che le nuvole superiori essendo in uno stato di elettricità positiva in rapporto alle inferiori, possono agire per influenza su queste ultime, repellendo il loro fluido positivo, ed attirando il fluido negativo.

Saussure ed altri fisici hanno osservato che l'acqua, dispersa in gocce finissime in vicinanza delle cascate, trascinano con esse dell'elettricità negativa ; le nuvole che si attaccano ai fianchi delle montagne e restano in questa posizione per lungo tempo, non ostante la forza dei venti, c' induce ad ammettere una forza attrattiva la

quale non può essere, che l'azione dell'elettricità positiva delle nuvole con l'elettricità negativa accumulata allo stato latente alla sommità delle montagne. Questi fatti provano che la superficie della terra è in uno stato opposto di elettricità coll' atmosfera ; perciò è evidente che la nebbia umida che si produce alla superficie dei fiumi, dei laghi, delle acque stagnanti, e del mare deve essere nello stesso stato elettrico dei corpi conduttori che comunicano col suolo; e se la rarefazione della nebbia prodotta dal riscaldamento dei raggi solari fa sì che si eleva nelle regioni superiori ne devono risultare delle nuvole elettrizzate negativamente. Di fatti Saussure ha osservato sulle Alpi che la nebbia innalzata dal fondo delle valli, godeva dell'elettricità negativa.

164. *Del Lampo e del Tuono.* Il lampo è certamente una luce elettrica prodotta dalla riunione delle due elettricità contrarie, accumulate sulle superficie di due nuvole differenti. Il fragore del tuono presenta molte particolarità, del che è difficile dare una spiegazione soddisfacente; il più delle volte si sente non un solo colpo, ma un romorio che si va progressivamente indebolendo, e spesse volte si sentono molti colpi di uguale intensità. Il prolungamento di un solo suono può dipendere dall'ineguaglianza di tempo, che il suono, prodotto dallo spostamento dell'aria nei differenti punti del lungo tragitto di una scintilla, impiega per giungere all' orecchio. Per spiegare le produzioni di molti scoppi di uguale intensità, bisogna ammettere che l'imperfetta conducibilità fra le nuvole, divide la scarica totale in tante scariche parziali, che succedono a piccoli intervalli marcabili.

Gli effetti del tuono sono dovuti al passaggio istantaneo dell'elettricità a traverso dei corpi, con un intensità prodigiosa. Di fatti la folgore brucia, fonde o riduce in polvere i strati metallici che incontra; vetrifica o riduce in polvere la superficie delle rocce elevate che investe, priva di vita istantaneamente i corpi animati, infiamma i corpi combustibili come la paglia, la polvere da sparo; frange i corpi poco conduttori, perchè l'impediscono il libero passaggio; distacca dai corpi conduttori quei corpi aderenti alle loro superficie, che non li permettono un libero passaggio; per tale ragione perfora i muri e slancia i pezzi metallici che vi si trovano conficcati, percorrendo una strada non la più breve, ma quella formata da corpi migliori conduttori dell' elettricità; perciò percorre nell' atmosfera seguendo cammini spezzati ed angolati, per condursi per quelle porzioni di aria più cariche di umidità; preferisce le sostanze metalliche ai corpi animati, e questi ai vegetabili; finalmente la folgore trasporta con sè le particelle materiali che distacca dai conduttori che attraversa o che raccoglie nell'atmosfera, depositandole sopra i corpi nei quali la discarica si effettuisce (167 e 168).

165. *Parafulmini e loro utilità.* L'identità degli effetti della folgore con quelli dell'elettricità prodotta dalla macchina elettrica, fece concepire a Franklin la bella idea di preservare i corpi situati alla superficie della terra da tutti gli accidenti causati dai fulmini, escogitando i *parafulmini;* che sono certi apparecchi destinati a trasmettere l'elettricità dalle nuvole al serbatojo comune; essi sono costruiti di corpi ben solidi e buoni conduttori, come sono le spranghe metalliche, onde

poter resistere al passaggio rapido di una gran massa di elettricità. Le precauzioni che si richiedono nel disporli convenientemente, possono desumersi dalle precedenti teoriche. Una moltitudine di osservazioni c'istruiscono, che qualora si vuole preservare un edifizio dai funesti effetti dell' elettricità atmosferica mercè i parafulmini, bisogna che le loro estremità superiori sieno ad un' altezza almeno di quindici a venti palmi al di sopra della sommità dell'edifizio, per non essere obbligato di costruirne molti per lo stesso fabbricato; avendo l' esperienza fatto conoscere che essi possono preservare attorno di loro uno spazio circolare di un raggio doppio della loro altezza. Alla base di ciascuna spranga si saldano diverse aste metalliche che discendono fino al suolo; ed in vece di queste qualche volta si sostituiscono catene metalliche o fili metallici. Una condizione indispensabile si è d' immergere le aste ad una certa profondità nel suolo particolarmente se il terreno è secco, se poi il terreno è umido, bisogna circondare queste ramificazioni del parafulmine di carbone calcinato, onde impedire la facile ossidazione del metallo. Taluni fanno immergere l'estremità della spranga in un pozzo o in un corso di acqua, essendo l'acqua un ottimo conduttore. A principio si credè indispensabile che i parafulmini dovessero essere forniti di punte nella loro estremità, e si diede una certa importanza alla forma delle spranghe, ma si è riconosciuto in seguito non essere queste condizioni di somma importanza a seguirsi. La grossezza del conduttore dev' esser tale da poter sopportare forti scariche elettriche senza fondersi; accidente che se mai avvenisse, s'interromperebbe il cammino alla materia elettrica,

coñ molto rischio dell'edifizio; per il che un pollice di spessezza è più che sufficiente; la sua superficie deve essere unita e levigata, e la sua disposizione deve esser tale da allontanarsi quanto meno sia possibile dalla direzione rettilinea. Il Sig. Lapostolle ha sostituito con profitto alle spranghe metalliche alcune corde di paglia sospese mediante isolatori a pertiche, o ai muri dell' edifizio, e terminate superiormente da punte metalliche.

L'utilità dei parafulmini è chiaramente comprovata; essi sottraggono a poco a poco l'elettricità dalle nuvole preservando da suoi funesti effetti un certo spazio intorno. L'elettricità delle nuvole decomponendo l'elettricità naturale dei corpi circostanti, attira l'elettricità di nome contrario al suo, e respinge l'altra; or questa decomposizione è istantanea, e si effettuisce a preferenza nei conduttori metallici. Citansi taluni fatti tendenti a provare l'inutilità dei parafulmini; anzi taluni l'accusano come perniciosi, perchè richiamano la materia elettrica. A questo si può opporre; che se mai qualche volta è avvenuto che la materia elettrica cumulandosi sul parafulmine, per non avere uno spazio pel suo libero corso corrispondente alla sua quantità, i funesti effetti che ne sono succeduti si sono limitati sull'apparato, curvandolo, ed anche spezzandolo, senza apportare danno positivo all'edificio, purchè però si sieno serbate le giuste regole nella sua costruzione. Si può leggere su tale argomento il rapporto fatto all'Accademia delle scienze di Parigi dai Signori Lefévre, Gineau, Girard, Poisson, Dulong, Fresnel e Gay-Lussac; e il rapporto fatto da quest'ultimo alla stessa Accademia nel 1828.

Ordinariamente le burrasche seguono una direzione

ch' è quasi sempre la stessa per un medesimo luogo, perciò è conveniente stabilire il primo parafulmine molto vicino all'angolo dell' edificio, che sarebbe il primo colpito dalla burrasca.

176. Alle volte avviene che l'esplosione della folgore apporta accidenti a distanze significanti dal sito ove ha luogo; questo è un risultato delle nuvole burrascose al quale si dà il nome di *scossa nel ritorno*, *o colpi di rimbalzo*. Qualora una nuvola elettrizzata passa al di sopra di un luogo, agisce per influenza sull' elettricità naturale di tutt' i corpi situati in questo luogo; attira l'elettricità contraria alla sua verso le parti superiori di tutti questi corpi, e spinge l' altra nel serbatojo comune; in modo che tutt' i corpi che covrono una estensione corrispondente a quella della nuvola, quantunque lontanissimi gli uni dagli altri, vengono tutti caricati di elettricità latente di natura contraria a quella della nuvola; ed avendo luogo la scarica in uno di essi, sia perchè più elevato, o perchè la nuvola s'inclina più verso di esso, sia per essere miglior conduttore degli altri; l' elettricità latente sparsa su gli altri corpi divenendo libera e rientrando subitamente nel serbatojo comune, o attirando rapidamente l' elettricità di nome contrario necessaria per la sua neutralizzazione, fa sì che possono risultarne, su i corpi animati che traversa rapidamente, effetti analoghi a quei del fulmine.

167. *Pistola di Volta*. Il fenomeno della scossa nel ritorno è in certo modo comprovato dall'esperienza della *pistola di Volta*. Questo apparecchio è composto da un vase metallico, che si riempie di una mescolanza d'idrogeno e di ossigeno, o d'idrogeno e aria atmosferi-

ca, chiudendosene l'uscita con un sughero; nelle pareti del vase vi è una piccola apertura mediante la quale si dà passaggio ad un filo metallico circondato da un tubicino di vetro, onde isolarlo dal resto dell'apparecchio; il tubicino è masticato nell'apertura, ed il filo metallico, ch'è pure masticato nelle estremità del tubo, è terminato nel di fuori una pallina, ed è curvato nel di dentro in modo che la sua estremità vada a mettersi a piccola distanza dalla superficie interna del vase (Fig. 77). Se si assoggetta lo strumento ad una sorgente di elettricità facendo comunicare col suolo il suo inviluppo esteriore, mediante un corpo non perfettamente conduttore come il legno, e con la sorgente il filo metallico, soffrirà l'influenza dell'elettricità libera della sorgente; la quale nell'attraversare il filo metallico, passa dalla pallina alle pareti interne del vase; ed in questo passaggio dà luogo all'accensione del gas idrogeno, facendo succedere una denotazione quasi simile a quella di un colpo di pistola. La detonazione succede anche più forte se invece di aria atmosferica e gas idrogeno caricasi la pistola di un miscuglio fatto precedentemente di una parte in volume di gas ossigeno e due di gas idrogeno.

167. È probabilissimo che la produzione della gragnuola dipenda dall'elettricità atmosferica, dappoichè i grandini sono più grossi allorchè le nuvole sono più cariche di elettricità. Il celebre Volta attribuì la produzione della gragnuola al raffreddamento prodotto dall'evaporazione per l'influenza del calorico dei raggi solari; ma questa spiegazione non persuase, stantechè il raffreddamento prodotto dall'evaporazione deve essere equilibrato dall'influenza de'raggi solari; perciò si attri-

buì piuttosto all'abbassamento di temperatura negli strati aerei al di sotto di zero, prodotta dai venti boreali. Questa sola causa potrebbe soddisfare per la produzione delle grandini di una limitata grandezza; ma è impossibile credere che nel brevissimo tempo della caduta di una goccia di acqua possa tanto aumentarsi la sua massa congelata. Questa riflessione condusse Volta a cercare qualche causa, che potesse trattenere nell'atmosfera la gragnuola per un tempo maggiore di quello, che sarebbe necessario per la sua libera caduta; e si servì per la spiegazione di ciò di un antico sperimento conosciuto col nome di danza elettrica, nella quale alcuni corpi leggieri sono successivamente attirati e respinti da due piatti, situati l'uno sotto l'altro ad una certa distanza; uno dei quali comunica col conduttore di una macchina elettrica, e l'altro col suolo. Ammettendo nella produzione della grandine l'esistenza di due nubi disposte l'una al di sotto dell'altra, elettrizzate diversamente; queste attirando e respingendo la grandine, l'obbliga a fare delle ripetute corse tra le due nubi, investendo in ciascun tragitto le goccie di acqua che consolidano, aumentandosi così di volume. Questo parere è stato rigettato da molti fisici, ai quali è sembrato difficile che corpi così pesanti possono rimontare nell'atmosfera; ma se si riflette agli effetti meccanici prodotti da altre meteori come le trombe, le quali sono nubi cariche di acqua che sollevano e trascinano ne' loro movimenti tutto ciò che incontrano, non sembrerà strana l'idea. Questa meteora che non può esser prodotta che da azione elettrica, ha la proprietà di sostenere e di lanciare grandini grossissimi, di sollevare grandi masse di

acqua, di far girare intorno a se e quindi sommergere bastimenti, di sospendere carriaggi, sradicare alberi, e strappare i tetti dalle case, per lanciarli a distanze considerevoli.

Dippiù si sa che molti fisici hanno osservato sulla sommità delle montagne i movimenti disordinati delle grandini nelle nuvole, ed hanno inteso lo scroscio prodotto dal loro urto scambievole. La sola conchiusione importante che si può tirare da osservazioni raccolte in un gran numero di circostanze, si è che le trombe sono prodotte quando due correnti di aria molto intense ed in uno stato elettrico opposto, coesistono nell'atmosfera.

Del Galvanismo, o elettricità Voltaica.

168. Nel 1789 Galvani fisico ed anotomico di Bologna notomizzando alcune ranocchie, che teneva sospese ad un corpo conduttore, osservò certe contrazioni consimili a quelle prodotte da una scarica elettrica. Cercando di riconoscere la causa di tale fenomeno, si persuase che bastava per la sua produzione di mettere in comunicazione, mediante un arco metallico, un nervo con un muscolo di una ranocchia recentemente ammazzata; avendo conosciuto che le contrazioni erano più energiche qualora l'arco era formato da due metalli differenti. Questo sperimento riesce su diversi animali, ma gli animali a sangue freddo, come le ranocchie, sono preferibili a quelli a sangue caldo; perchè conservano più lungo tempo dopo la loro morte l' irritabilità muscolare, necessaria alla produzione di questo fenomeno. Galvani attribuì questo fenomeno, ammettendo che i muscoli ed

i nervi fossero in un diverso stato elettrico, come le superficie interna ed esterna di una bottiglia di Leyde, e che mettendoli in comunicazione davasi luogo alle indicate contrazioni; e credendole prodotte da una elettricità diversa da quella che si ha dalla macchina elettrica, la distinse col nome di elettricità animale.

169. *Scoverte di Volta.* Questi fatti giunti alla conoscenza del celebre Volta, le cui scoverte sono caratterizzate non dall'azzardo, ma da profonde conoscenze, e da somma penetrazione, non tardò di attribuirne la causa all'elettricità sviluppata dal contatto de' metalli, e ciò dall'aver osservato che dal semplice contatto di due metalli eccitavasi in essi un debole grado di elettricità; di maniera che in uno potevasi riconoscere l'elettricità vitrea, e nell'altro la resinosa. Questa opinione che fu abbracciata dalla maggior parte dei Fisici, la comprovò prendendo due dischi uno di zinco, e l'altro di rame, muniti ciascuno di un manico isolante; li soprappose l'uno sull'altro, e li separò in seguito, mettendone uno di essi, ma sempre lo stesso, in contatto col piatto inferiore del suo condensatore, facendo comunicare il piatto superiore col suolo; ripetendo quest'operazione più volte, giunse ad osservare alcuni segni di elettricità sul piatto collettore, allorchè sospendeva il piatto superiore.

170. Fu opinione di Volta che il solo contatto dei due metalli basta per isviluppare l'elettricità; perciò due lamine una di rame e l'eltra di zinco saldate tra loro devono essere costantemente elettrizzate, ed i due metalli devono caricarsi di elettricità libera di nome contrario, la quale non è ravvisabile per la sua tenuità, ma

si può osservare per mezzo del condensatore, mettendo uno dei suoi piatti in comunicazione col suolo, e toccando l'altro ch'è ordinariamente di rame con l'estremità rame de' due dischi saldati, mentre che l' estremità zinco è tenuta con la mano. L' equilibrio elettrico non potrà stabilirsi, che allorquando la tensione dell' elettricità libera del piatto toccato sarà uguale alla forza repulsiva, dovuta alla decomposizione del fluido naturale, che si opera al contatto dei due dischi metallici, alla quale Volta diede il nome di *forza elettromotrice*. Or l' elettricità latente mantenuta sul piatto dall' azione del condensatore, potendo essere cento volte più considerevole che questa elettricità libera, l' allontanamento dei due piatti potrà dare taluni segni di elettricità osservabili; al contrario se si tocca il piatto del condensatore con l'estremità zinco tenendo l' estremità rame colla mano, il condensatore non manifesta elettricità. Volta spiega quest' anomalia, facendo osservare che il piatto del condensatore essendo della stessa natura del disco di rame, il disco di zinco si trova in mezzo a due pezzi di rame, e perciò le forze elettromotrici opposte si equilibrano, e il fluido naturale dello zinco non viene decomposto. Di fatti allorchè s'interpone tra lo zinco ed il piatto del condensatore uno dei corpi, considerati da Volta come semplici conduttori, i quali non hanno proprietà elettromotrici, come è la carta bagnata, il condensatore dà segni sensibili di elettricità contraria a quella osservata nel caso precedente. In queste sperienze il rame si carica di elettricità negativa e lo zinco di elettricità positiva: altri metalli provati ugualmente danno risultati analoghi. Volta distinse quei corpi che hanno fa-

coltà elettromotrici col nome di *elettromotori*, ed altri che col contatto non sono capaci di sviluppare elettricità, ma che conducono bene il fluido elettrico col nome di *non elettromotori*, o di *conduttori* semplicemente.

171. Volta dietro meditazioni ed esperimenti eseguiti nel corso di circa nove anni, gli riuscì di costruire un apparecchio formato da diverse coppie, capaci di produrre una corrente continua di elettricità, e di ben lunga durata, e questo apparecchio è riconosciuto col nome di *pila di Volta*. Una tale scoverta ha influito moltissimo nei progressi della fisica e della chimica, quantunque la sua teorica è ancora imperfetta; dappoichè tra le diverse ipotesi ideate per ispiegare i suoi effetti non ve n'è una che sia esente da dubbii ed objezioni.

La pila di Volta, tal quale come fu da lui ideata, consiste in diverse coppie di dischi di rame e di zinco; disposte l'una sull'altra su di un sostegno isolatore, in modo che le superficie contigue sieno di differenti metalli; ciascuna coppia metallica è separata da un disco di cartone o di flanella, di un diametro poco più piccolo dei dischi metallici, ed inzuppati di una soluzione salina o acida; la loro disposizione è come segue, zinco rame e flanella, e continuando sempre con lo stesso ordine, viene a terminare la pila da una parte con un disco di rame, e dall'altra con un disco di zinco.

La pila composta come abbiamo detto si carica di elettricità contraria nelle sue estremità allorchè è isolata; e di elettricità positiva alla sua estremità zinco, allorchè la sua estremità rame comunica col suolo, o di elettricità negativa alla sua estremità rame, qualora la sua estremità zinco è in comunicazione col serbatojo

comune. Di ciò ce ne possiamo assicurare mettendo in comunicazione col piatto collettore del condensatore di Volta l'estremità della pila di cui si vuole studiare lo stato elettrico; ma se si vuole verificare la legge di proporzionalità, che Volta assegna tra le tensioni estreme ed il numero degli elementi della pila, bisogna mettere in opera la bilancia di Coulomb; mediante la quale possiamo restar convinti che queste tensioni aumentano col numero degli elementi, e colla diversa estensione delle loro superficie.

172. Esaminando tutte le circostanze che possono influire nello sviluppo e nel movimento dell'elettricità in questo apparecchio, si è conosciuto, che l'azione chimica esercitata tra i metalli ed i liquidi conduttori che lo compongono ha molta parte nella scomposizione del fluido naturale. Di fatti gli acidi, perchè agiscono con maggiore energia su i metalli, sembrano essere i migliori conduttori onde favorire l'energia de'fenomeni voltaici. Wollaston è stato il primo ad opinare, che alla sola azione chimica sono dovuti i fenomeni della pila, e l'esperienza ha dato un gran peso a questa opinione.

Per mezzo del condensatore di Voltà si può provare, che vi è sviluppo di elettricità nelle azioni chimiche; di fatti se sul piatto collettore si situa un disco di carta bagnata, al di sopra del quale una capsula di zinco con acido solforico, che agisce chimicamente sulle sue pareti; immergendo l'estremità di un filo di platino nell'acido solforico, che coll'altra sua estremità comunica col suolo, il condensatore marcherà una carica elettrica sensibile; il che dimostra che vi è decomposizione di fluido naturale durante l'azione chimica, uno degli ele-

menti si trasmette nel suolo pel filo di platino, l'altro passa dalla capsula al piatto del condensatore a traverso del conduttore umido. Sperienze simili, ripetute con diversi liquidi acidi atti ad agire chimicamente su diversi metalli, hanno dato sempre risultati consimili.

Il signor Pouillet ha osservato che nella combustione del carbone vi è sviluppo di elettricità, purchè s'impedisca il contatto della parte non bruciata col prodotto della combustione, per evitare la ricomposizione delle due elettricità; trovandosi il carbone elettrizzato negativamente, ed il gas acido carbonico positivamente. Il Signor Bequerel ha dimostrato che vi è sviluppo di elettricità nell'azione chimica degli acidi colle basi, come pure nelle combinazioni de'sali tra loro, talmentecchè si può convenire che in tutte le azioni chimiche, ancorchè deboli, vi è sviluppo di elettricità; cosicchè si può attribuire ad azione chimica l'elettricità sviluppata nella pila. Resterebbe a decidersi se il solo contatto dei metalli differenti è bastante per isviluppare l'elettricità nella pila; o se la debolezza delle azioni chimiche esercitate dall'ossigeno dell'aria sugli elementi della pila possa dar luogo allo sviluppo di elettricità che Volta attribuisce al solo contatto dei metalli; essendosi osservato segni di elettricità i più marcati, allorchè una pila era esposta all'influenza dell'atmosferica, o di altra sostanza gassosa capace di esercitare azione chimica su i metalli che compongono la pila, e di non ravvisarsi alcun segno di elettricità allorchè l'apparecchio è circondato da un gas che non ha azione chimica sopra di essi. Dippiù esposta nell'aria la pila si osserva uno sviluppo di elettricità marcata qualora i bordi de'suoi ele-

menti non sono ossidati, e qualora lo sono non manifesta elettricità sensibile. Posto ciò pare che gli effetti della pila sieno spiegabili più facilmente ammettendo che le sole azioni chimiche sviluppano elettricità, più tosto che farla dipendere dal solo contatto dei metalli. Ma sarebbe falso il concludere che questa teorica è meno imperfetta, e che il semplice contatto dei corpi non produce giammai elettricità; dappoichè conosciamo che il contatto di un pezzo di per-ossido di manganese con un metallo non ossidabile nell'atmosfera, come l'oro, o il platino, manifestano elettricità riconoscibile per mezzo di un elettrometro condensatore molto sensibile. Perciò sarebbe meglio innestare queste due teoriche, ed ammettere che sì l'azione chimica, che il contatto tra i metalli concorrono allo sviluppo dell'elettricità che si ha da una pila in attività.

173. *Modificazione che ha subita la pila.* La pila di Volta costruita nel modo descritto, come l'ideò il suo inventore, presenta l'inconvenienza, che il peso delle coppie metalliche comprimendo i dischi di carta o di flanella, ne spremono il liquido; il che diminuisce la conducibilità interna, e stabilisce il più delle volte una comunicazione esteriore tra le coppie lontane, le quali cose diminuiscono molto, e possono ancora annullare gli effetti della pila; perciò si sono immaginate diverse forme atte ad eliminare tali inconvenienti, che brevemente descriveremo.

La pila detta a corona o a tazze è composta da due lamine di zinco e di rame saldate capo, a capo, e curvate in modo da formare un arco metallico; dei vasi di cristallo che contengono una dissoluzione salina o aci-

da, sono sussecutivamente disposti e riuniti da questi archi metallici simili e similmente disposti, le cui estremità s'immergono nei liquidi posti nei vasi di cristallo; di modo che l'estremità zinco di un arco che s'immerge nel liquido di un vase non abbia contatto immediato coll'estremità rame dell'arco susseguente posta nello stesso vase (Fig. 77). In questo apparecchio ciascun arco metallico fa l'ufficio di un elemento della pila precedentemente descritta, ed il liquido in ciascuna tazza supplisce ai dischi di carta o di flanella bagnata. Quest' apparecchio non è molto usato, sì perchè ha poco energia, che per la forma non molto comoda.

La pila a vaschetta o a truogolo, che fu ideata in seguito, consiste in una cassetta di legno divisa in piccoli vani da tramezzi formati da lamine di rame e zinco, saldate l'una sull'altra, disposti paralleli tra loro e parallelamente posti ai piccoli piani opposti della cassetta, i quali s'innestano con un mastice in incassi fatti nelle pareti della cassetta, (Fig. 78); la cassetta è ripiena di un liquido acido o salino, due fili metallici o sono immersi nei vani estremi della cassetta, ovvero si fanno comunicare con le lamine estreme metalliche, che sono una di zinco e l'altra di rame, poste alle estremità della cassetta; e questi fili si caricano ai loro estremi di elettricità libera contraria; siffatto apparecchio è di un uso più comune, essendo facilmente trasportabile; e se ne può aumentare l'ernergia disponendo diverse di queste cassette l'una in seguito dell'altra, facendole comunicare tra loro con i poli di diverso nome. Ma la costruzione di questo apparecchio la più vantaggiosa è quella conosciuta col nome di pila di Wollaston. In questa le lamine

metalliche sono montate sopra una traversa di legno per poter essere immerse immediatamente in una serie di vasi di vetro separati, corrispondenti ciascuno ad una coppia di lamine, i quali contengono liquido acido (Fig. 79). Ciascuna coppia delle piastre che s'immergono in un medesimo vase sono in tal modo disposte, che i due metalli non offrono alcun contatto tra loro. A questo modo si può a piacere far continuare o cessare l'azione della pila, con tenere immerse le coppie nel liquido acido posto nei vasi di vetro, o sospendernele; e ciò è di non poca importanza; permettendo d'impiegare un liquido molto acido, e di sospendere immediatamente le coppie metalliche, allorchè anche per un limitatissimo tempo si debba far cessare l'azione elettrica. Siccome lo zinco è più facilmente attaccabile dagli acidi, perciò le lamine di zinco si fanno sempre più consistenti. Faraday ha modificato quest' apparecchio in modo che ciascun elemento rame è conformato a guisa di una vaschetta che comprende il liquido acido nel quale pesca l'emento zinco, ch' è saldato nel lembo della vaschetta precedente, senza aver contatto col rame della vaschetta in cui s'immerge.

Finalmente si può avere una pila di una forma semplicissima ed economica, la quale si usa per produrre i fenomeni che non richieggono una grande tensione, ma una grande massa di elettricità in movimento; essa è composta da due lamine di zinco e di rame parallele, il cui insieme trovasi disposto in forma di spirali, ma che non si toccano in alcuna parte (Fig. 80); le spire sono ritenute a piccola distanza tra loro, essendovi frapposto un tessuto di vinchi; nel mezzo v' è un piccolo

manico di legno al quale è fissato tutto l' apparecchio, e serve per sollevarlo, le estremità delle lamine si fanno terminare da fili metallici. Immergendolo in una vaschetta contenente un liquido acido., si hanno grandi superficie in contatto col liquido; or quest'apparecchio ch'è una pila di un solo elemento è preferibile in alcuni casi ad una pila multipla.

174. *Effetti della pila.* In generale gli effetti della pila sono dovuti al passaggio continuo dell' elettricità, ovvero a certe correnti elettriche che si stabiliscono, allorchè le due estremità dell' apparecchio sono poste in comunicazione mediante un corpo conduttore; o pure quando i due poli sono di tanto ravvicinati, che le elettricità contrarie, che vi affluiscono continuamente, possono riunirsi, non ostante l' intervallo che li separa. In questo stato l'equilibrio elettrico è impossibile a stabilirsi, dappoichè se da una parte le forte elettromotrici dell' apparecchio tendono sempre ad accumulare verso le estremità i fluidi contrarii; dall'altra parte il conduttore interposto tra i poli riunisce continuamente queste elettricità accumulate; perciò i due fluidi sono in continuo movimento nella pila qualora tra i poli vi è interposto un corpo conduttore; il fluido positivo girerà continuamente nell'apparecchio passando dall' elemento rame all'elemento zinco, e dal polo zinco al polo rame nella comunicazione dei. poli; il fluido negativo girerà ugualmente, seguendo un cammino opposto; val quanto dire passerà dall' elemento zinco all' elemento rame nell'apparecchio, e dal polo rame al polo zinco nel conduttore interpolare.

Dovendo la pila, qualunque ne sia la sua costruzio-

ne terminare da un estremo con un elemento zinco; perciò questo è detto polo zinco o polo positivo, perchè in esso si accumula l'elettricità positiva; l'altro estremo che termina coll'elemento rame è detto polo rame o polo negativo, perchè in esso si accumula l'elettricità negativa. Allorchè i due poli sono riuniti per mezzo di un conduttore si dice che il circolo voltaico è compiuto, e l'insieme delle correnti elettriche che percorrono questo circuito si dicono correnti voltaiche. Finalmente si è convenuto d'indicare col senso di corrente multipla, quella del fluido positivo nel modo come si aggira questo fluido; così la corrente multipla o voltaica va dal polo negativo al polo positivo nella pila, e dal polo positivo al polo negativo nel conduttore interpolare.

175. *Effetti della pila su individui viventi.* Allorchè un individuo tocca con le punte delle mani i poli di una pila in attività soffre una commozione così viva, come quella prodotta dalla scarica di una batteria elettrica, e differisce soltanto nel modo come si risente nelle braccia; essa è tanto più intensa per quanto più la pila è composta da un maggior numero di coppie. Se più persone formano una catena toccandosi con le mani, e gl'individui estremi di questa catena comunicano con i due poli della pila, la commozione si risente ordinariamente dalle sole persone che sono in prossimità dei poli; la forma primitiva della pila voltaica, cioè quella ideata da Volta pare essere la più conveniente alla produzione di questi fenomeni. Con una pila energica le commozioni sono insopportabili, e possono essere pericolose. Le commozioni che si risendono so-

no prodotte dalla ricomposizione del fluido naturale; avvenendo in questa lo stesso di quello che succede nella bottiglia di Leyde, con la sola differenza, che nella bottiglia l'azione è istantanea, perchè la riunione dei due fluidi si effettuisce una sola volta; qualora la commozione prodotta dalla pila è continua, perchè continuamente succede la scomposizione e ricomposizione del fluido naturale, il che forma il suo carattere principale.

Per comprovare l'analogia che vi è tra la materia elettrica sviluppata con lo strofinio, e quella che si ha dalla pila voltaica, basta caricare una bottiglia di Leyde con la pila; il che si ha mettendo in comunicazione uno dei poli coll'armatura interna della bottiglia, e l'altro col suolo e l'armatura esterna. Questa carica è istantanea, ed è molto più debole di quella che si ha dalla macchina elettrica; nè la sua intensità è corrispondente al tempo che le armature della bottiglia sono in comunicazione con i poli della pila. La rapidità con cui si opera dipende, dacchè l'elettricità nell'apparecchio si mette in movimento con una velocità consimile a quella dell'elettricità libera, subitochè l'equilibrio voltaico è distrutto.

Un gran numero di sperimenti sono stati ideati per riconoscere e studiare le contrazioni, ed i movimenti straordinari che una corrente voltaica produce nei corpi organizzati viventi, o di fresco estinti. Ma la maggior parte di questi effetti, e le loro modificazioni dipendono dalla diversità degli organi, e dal modo come sono attraversati; e la loro spiegazione è del dominio della fisiologia piuttosto che della fisica. Di fatti allorquando

la corrente positiva del circolo voltaico si propaga nei nervi percorrendo le loro ramificazioni produce una contrazione muscolare al momento in cui incomincia, ed una lieve sensazione quando cessa; all'opposto se si propaga in senso opposto, cioè dalle ramificazioni ai nervi principali, produce una sensazione quando persiste, ed una contrazione nel momento che s' interrompe. Nelle asfissie, e nei cadaveri recentemente suppliziati si sono ottenuti effetti prodigiosi; così in meno di mezz' ora un asfissiaco è stato chiamato in vita col soccorso di una corrente voltaica; e questa applicata negli organi convenienti nei cadaveri di recente suppliziati li ha per breve tempo ridonata la respirazione, e le funzioni digestive. Sarebbe desiderabile che medici istruiti sperimentassero l' influenza della pila nei diversi casi mortosi, e particolarmente nelle affezioni di taluni organi su i quali l' azione della pila potrebbe risultare vantaggiosissima.

176. *Fenomeni colorifici e luminosi della pila*. Allorchè si avvicinano le punte di due fili metallici, che comunicano con i poli di una pila in attività, si osservano tra queste punte alcune scintille, che si succedono continuamente, con una intensità corrispondente all' energia della pila. Se alle estremità di questi fili si adattano due pezzettini di carbone calcinato, i quali sono divenuti conduttori mediante la loro immersione a caldo in un bagno di mercurio, avvicinandoli tra loro, si osserva nei punti di contatto una luce consimile a quella del sole; osservandosi ciò, allo stesso modo, non solo nell'aria e negli altri gas, ma anche nel vuoto. Allorchè l' estremità di uno dei fili è circondato da una

foglia sottile di argento o di altro metallo, facendo agire l'estremità dell'altro filo su i bordi di questa fogliolina, essa sarà brugiata, o diverrà incandescente nei punti toccati; questa combustione o incandescenza è accompagnata da getti di luce che presentano varii colori.

Se i due poli di una pila in attività si fanno comunicare da un filo metallico sottile e corto, questo si riscalda, si arroventa, e qualche volta si fonde o brugia; quel ch'è degno di considerazione si è la prolungazione dell'incandescenza del filo, qualora la fusione non avviene; e questa incandescenza, consimile a quella che si ha dalla scarica di una bottiglia di Leyde o di una batteria elettrica, è da credersi prodotta dal calorico racchiuso tra le molecole del corpo, che si manifesta allo stesso modo come in una forte compressione; dagli esperimenti del Signor Childeren si è desunto, che la proprietà dei metalli di divenire incandescenti è nella ragione inversa della loro facoltà conduttrice per l'elettricità. Il Signor Delarive fa dipendere gli effetti calorifici dalla resistenza che soffre la corrente elettrica nel passaggio da una molecola all'altra.

Il calorico prodotto dal passaggio dell'elettricità a traverso dei liquidi è più difficile a dimostrarsi; dappoichè non solo essi sono dotati di dose maggiore di calorico specifico; ma benanche per la dispersione di una quantità di calorico che produce l'evaporazione, e spesso la decomposizione del liquido; non ostante ciò l'elevazione di temperatura nei liquidi è sensibile, particolarmente in prossimità del conduttore; ed è minore in prossimità del polo che dà maggiore sviluppo gassoso.

177. *Condizione della pila per produrre i diversi effetti*. I fenomeni calorifici descritti si distinguono gli uni dagli altri; dappoichè bisogna una pila di un piccol numero di elementi, ma di estese superficie, per propurre l'incandescenza dei fili metallici; ed è necessario una pila di molte coppie per ottenere l'elevazione di temperatura nei liquidi, allorchè sono attraversati dalla corrente. In generale gli effetti calorifici dipendenti dal passaggio dell'elettricità per un conduttore, per essere sensibili, è necessario che la pila sia formata da un piccol numero di elementi e di estese superficie, allorchè questo conduttore sarà continuo ed omogeneo, e bisogna che la pila sia di molti elementi, allorchè questo conduttore sarà eterogeneo o discontinuo. La causa di questa differenza par che possa essere, che i fluidi elettrici resi liberi dall'azione chimica della pila, seguono due cammini per ricomporsi è formare di bel nuovo il fluido naturale, uno ch'è formato dai corpi conduttori che compongono la pila, e l'altro è il conduttore o i conduttori che chiudono il circolo voltaico. Se quest'ultimo offre maggior resistenza del primo, sia per le sue alternative, sia per la sua discontinuità o per la sua minore conducibilità, la maggior parte dell'elettricità sviluppata si ricomporrà seguendo il primo cammino.

Per meglio sviluppare ciò che si è detto bisogna distinguere in una corrente voltaica la sua intensità e la sua velocità; l'intensità dipende dall'estensione delle superficie e dal numero delle coppie; la velocità dipende dal solo numero delle coppie, che minorasi qualora questo numero si accresce, producendosi un'alternativa, o una discontinuità maggiore nel circolo. Perciò un

conduttore quantunque perfetto, come un filo metallico, per divenire incandescente ha bisogno di una corrente più rapida, acciò sia attraversato nella stessa direzione dalla maggior quantità di fluido possibile; che deve considerarsi come la sorgente del calorico sviluppato. Se la pila è di tal costruzione da non produrre un riscaldamento sensibile al filo, ciò dipende dacchè la velocità della corrente è minore di quella, che sarebbe necessaria per apportare tale azione nel filo. Finalmente se il conduttore è discontinuo o eterogeneo, la diminuzione di velocità che produce è tale, che può essere sensibile, dando luogo ad una corrente molto rallentata. Ciò spiega perchè una pila di molte coppie non è al caso di arroventare un filo metallico, quantunque fosse capace di produrre altri fenomeni calorifici.

178. *Scomposizione dell' acqua per mezzo della pila.* Allorchè si fanno immergere nell' acqua comune le estremità di due fili metallici, che con gli altri due estremi comunicano con i poli di una pila in attività, si osservano fenomeni che variano con la natura dei fili metallici. Se i fili sono di oro o di platino si vedono alcune bollicine di gas che si sviluppano dai due fili, i quali raccolti in tubi pieni di acqua capovolti sulle estremità dei fili (Fig. 81), si riconosce essere ossigeno quello che si separa dal polo positivo, e idrogeno quello che da il polo negativo, ed essere questi nel rapporto di un volume del primo e due del secondo; corrispondente alla composizione dell'acqua. Se poi i fili sono di rame o di altro metallo, facilmente ossidabile, si ha minor quantità libera di ossigeno, combinandosi il resto col metallo. Quest' azione è stata attribuita ad attrazioni e

ripulsioni elettriche esercitate dai fluidi accumulati ai rispettivi poli, con le elettricità di cui sono investiti gli elementi dell' acqua, che si suppone che sieno permanentemente in istati elettrici differenti; cioè l' ossigeno nello stato elettro negativo, e l'idrogeno nello stato elettro positivo. Ma qualora ciò fosse si dovrebbe osservare decomposizione, ancorchè l'acqua adoperata fosse distillata e perfettamente pura, il che non avviene; perciò la spiegazione precedente non regge. Dippiù osservandosi che l' addizione di una piccola quantità di acido, che aumenta la conducibilità dell'acqua, fa che la sua decomposizione è più rapida; perciò taluni, su questi fatti, credono che la decomposizione sia prodotta dal rapido movimento dell' elettricità attraverso il corpo a decomporsi, o almeno, che questo movimento è una condizione interessante alla produzione del fenomeno: ammettiamo questa ipotesi, ed applichiamola ai fatti. Le azioni dei poli sopra una serie di molecole di acqua, formano una linea terminata da questi poli; il loro effetto sarà di far dirigere verso il polo positivo gli atomi di ossigeno, che sono carichi di una quantità permanente di elettricità negativa, e verso il polo negativo gli atomi d' idrogeno elettrizzati positivamente in rapporto al primo. Questi atomi movendosi in senso opposto, nel loro incontro si ricompongono e formano nuovamente dell'acqua, e non si avrà che all' estremità della linea, o ai poli della pila, raccolti gli elementi gassosi. In generale una combinazione chimica può esser decomposta ne' suoi elementi da una pila di forze conveniente, sempre è quando si rende molto conduttrice dell'elettricità.

179. *Pile secce.* Per terminare la descrizione degli

apparecchi voltaici ci resta a parlare delle pile secche, nelle quali il liquido conduttòre è sostituito da una sostanza secca quantunque igrometrica, o da un corpo grasso; queste pile sono rimarcabili per la durata della loro azione, e per la lentezza del movimento dell'elettricità nel loro interno. Ordinariamente le coppie sono composte da due foglie sottilissime di rame e zinco, fra le quali si mette un disco di carta imbevuto di olio, o per più semplicità di una foglia di argento da una parte, e dall'altra aspersa di polvere di ossido di manganese. Si dispongono l'una sull'altra un gran numero di queste coppie sempre nello stesso senso, e si circonda il tutto da un tubò di vetro coverto di resina, per impedire maggiormente l'accesso all'umido. Sovente questa pila è divisa in due colonne stabilite sopra un piano metallico, che si elevano ugualmente.

Nella pila secca il movimento dell'elettricità essendo lentissimo, vi bisogna un certo tempo per caricare un condensatore; ma la tensione è più forte che nelle pile ordinarie di simili dimensioni. Si è creduto che questa pila avesse un attività perenne, nel riflettere al gran numero degli elementi ed alla inalterabilità di essi, non essendovi agente che distrugga il sistema, o che ossida i metalli impiegati; ma in seguito si è conosciuto che dopo qualche anno si rende inattiva. È vero che se li può ridonare gran parte della sua energia primitiva esponendola ad un calore conveniente, come quello dell'acqua bollente.

Su questo dato si pensò di sospendere orizzontalmente sopra un perno, posto nel mezzo delle due colonne di una pila secca, un ago di gomma lacca leggie-

rissimo, atto a poter girare liberamente, avendo ne'suoi estremi due piccoli dischi di foglie di oro (Fig. 82.). Dando un leggiero movimento di altaleno a quest' ago, esso continua in questo movimento per l' attrazione che esercita ciascun polo della pila sul piccolo disco di foglia di oro, posto all'estremità dell'ago la più vicina, che di poi caricata della stessa elettricità n'è respinto; avvenendo lo stesso nel polo opposto, alternandosi in ciascuno di essi le attrazioni e ripulsioni elettriche. Si è creduto da taluni aver rinvenuto in questo sistema il movimento perpetuo; ma non è così, poichè l'attività di questa pila cessa dopo un certo tempo, come abbiamo detto; dippiù spesse volte l' ago si ferma quando l' aria circostante è molto umida, perchè la pila si scarica in parte nell'aria circostante, e la tensione residuale non è sufficiente a vincere la resistenza prodotta dall'attrito e da altre cause; qualora poi l'aria si spoglia di vapori il movimento ricomincia.

Elettricità sviluppata con altri mezzi diversi dallo strofinio e dal contatto.

180. Gli apparecchi descritti non sono i soli mezzi per sviluppare l' elettricità; ma molte cause differenti possono produrre le correnti elettriche, le principali sono la fusione, la compressione, il cangiamento di temperatura; oltre quelle prodotte da azione magnetica, e da azione chimica, delle quali ci occuperemo in seguito.

Se si versa del solfo fuso in un vase metallico isolato, dopo il raffreddamento il solfo si trova elettrizzato posi-

tivamente, ed il vase di metallo elettrizzato negativamente. Il Signor Libes riconobbe per la prima volta, che si ha sviluppo di elettricità per mezzo della pressione; di fatti premendo un disco di metallo con un mánico isolante sopra un pezzo di taffettà gommata, il pezzo di taffettà acquista l'elettricità positiva, e il disco di metallo l'elettricità negativa; e l'intensità elettrica di questi corpi è in corrispondenza dell'intensità della pressione, ed è in opposizione a ciò che si ha per mezzo dello strofinio; dappoichè se il metallo si strofina sul taffettà, il metallo si elettrizza positivamente, e il taffettà negativamente.

Il signor Hauy ha osservato che molti minerali sono suscettibili di acquistare proprietà elettriche per la semplice pressione; di fatti un romboide di spato d'Islanda, allorchè è compresso tra due pezzi di legno, diviene elettrico a segno da manifestarlo all'elettrometro; e questa sostanza è considerata da Hauy la più adatta a divenire elettrica per la pressione. In generale i minerali che si elettrizzano più facilmente per la pressione, sono quelli dotati di una trasparenza, e capaci di dividersi in lamine sottili.

181. Certi minerali cristallizzati acquistano pel riscaldamento alcune proprietà elettriche, accumulandosi in uno dei loro punti l'elettricità positiva, ed in altro punto opposto l'elettricità negativa; questi due punti diconsi poli elettrici del cristallo, e la retta che unisce questi due poli dicesi asse elettrico del cristallo. Or quest'asse coincide quasi sempre coll'asse di cristallizzazione; il che ha fatto sospettare che la polarità elettrica influisce alla regolarità delle forme cristalline, e che la

proprietà di elettrizzarsi dipenda da una polarità elettrica delle molecole. Lo stato elettrico del cristallo dura fino a che non si cambia lo stato di temperatura; l'aumento di temperatura non fa sempre crescere l'intensità elettrica, ma aumentata di molto i poli si rovesciano; come pure l'abbassamento di temperatura produce uno stato elettrico opposto; talmentechè quel punto che per l'aumento di temperatura si carica di elettricità positiva, nell'abbassamento di temperatura diviene polo negativo. Questi fenomeni si osservano particolarmente in diverse specie di turmaline, nel mesotipo, nel topazio, nella frenite ecc.

182. Diversi corpi sviluppano elettricità quando subiscono un cangiamento di stato; di fatti allorchè l'acqua si congela rapidamente in una bottiglia di Leyde, la cui armatura esterna non è isolata, quest'armatura si carica di elettricità negativa, e l'armatura interna di elettricità positiva; nel disgelo succede l'opposto cioè l'armatura esterna si carica di elettricità positiva, e l'interna di elettricità negativa; qualora un liquido si evapora la parte vaporizzata si elettrizza negativamente, e la porzione che rimane liquida positivamente; l'opposto si osserva nel passaggio di un gas nello stato liquido, la parte condensata acquista elettricità negativa, e la porzione che persiste nella forma gassosa l'elettricità positiva.

La maggior parte delle esposte conoscenze sono dovute al celebre Bergman; ma il signor Becquerel vi ha aggiunto alcune osservazioni sfuggite a Bergman, tra le quali la più importante è la seguente. Se si riscalda per metà un cristallo di turmalina un poco lun-

go, in modo che l'altra metà non risenta cambiamento di temperatura, si ravvisa solo nella parte riscaldata una carica elettrica, di natura e d'intensità corrispondente a quella che acquisterebbe se fosse tutto il cristallo riscaldato ugualmente; il che dimostra che l'aumento di temperatura produce lo sviluppo dell'elettricità, che si limita nella parte riscaldata, e non si trasmette nel resto del cristallo, essendo un corpo isolatore. Se si rompe, i piccoli cristalli appartenenti alla parte riscaldata manifestano elettricità nei due poli.

CAPITOLO IV.

Del Magnetismo.

183. Col nome di *magnetismo* intendiamo la teorica fisica della calamita. Taluni minerali di ferro ossidato posseggono la proprietà di attirare il ferro; quelli in cui questa proprietà è in grado marcatissimo, vengono distinti col nome di *calamite o pietre magnetiche* (1).

Se si mette in contatto la calamita con la limatura di ferro, una quantità più o meno considerevole di limatura è attirata dalla calamita, e vi rimane aderente in tutta la sua superficie, e questa aderenza è più marcata in due punti in cui le particelle della limatura sembra-

(1) Da *magnes-tis*, che significa calamita. Altri fanno derivare questa denominazione da Heraclion Magnes che ne fu lo scovritore, secondo Plinio lib. 36 Cap. 16; ed altri finalmente la derivano dà Magnesia città nell'Asia e propriamente nella Lidia, ove vuolsi che per la prima volta siasi rinvenuta.

no quasichè infilate, formando come tanti raggi; questi punti sono detti poli della calamita.

184. La teorica fisica della calamita è stata per lungo tempo isolata da quella degli altri fluidi imponderabili, e perciò i suoi progressi sono stati poco sensibili. La proprietà della calamita di dirigere uno de' suoi punti verso la tramontana, e il punto opposto verso il mezzogiorno, fu riconosciuta per azzardo dagli antichi, e propriamente dai popoli barbari. I primi usi che ne fecero i curiosi fu d'imporne alle persone idiote ed ignoranti, esponendola come cosa magica; e quantunque il nostro amalfitano Flavio Gioja l'applicò all'uso nautico, applicazione veramente utile ai marini, pure considerata come fenomeno fisico è rimasto per lungo tempo sterile di risultati; avendo i fisici diretti tutti i tentativi a riconoscere la causa di questa tendenza, che si è creduta dipendere unicamente dalla costituzione intima del globo terrestre; circostanza che gettando una oscurità quasi impenetrabile su i fenomeni magnetici, ha reso senza effetto qualunque ricerca. Le scoverte di OErsted della grande influenza che ha l'elettricità in movimento su i corpi calamitati, ha dimostrata la sola strada a seguirsi per riconoscere la vera cagione del magnetismo, e dell'azione direttrice del globo. Noi esporremo prima ciò che si conosceva avanti di questa scoverta, affinchè si possano comprendere più facilmente i vantaggi ed i nuovi mezzi di esplorazione che ha somministrato allo studio dell'elettricità e del magnetismo.

185. *Metalli soggetti al potere magnetico.* Tra i corpi non vi sono che tre metalli i quali manifestano la proprietà di essere attirati dalla calamita; perchè, ol-

tre al ferro che si sapeva anticamente, si è riconosciuto in seguito che il nikel ed il cobalto godono la stessa proprietà; e secondo il sig. Pouillet, il manganese alla temperatura di 20° al di sopra di zero prova la medesima attrazione; tutte le altre sostanze non sembrano sensibili al magnetismo. L'acciajo non solo ha la proprietà di essere attirato dalla calamita, ma dopo un certo tempo, che v'è rimasto in contatto, acquista la proprietà magnetica, e la conserva per lungo tempo; perciò le calamite artificiali si fanno di spranghe di acciajo in vario modo conformate, che si assoggettano per qualche tempo al contatto dei poli di una calamita.

Se ai poli di una calamita si affiancano due spranghe di acciajo temperate, in queste spranghe si trasmette tutta l'azione magnetica, e la calamita chiamasi calamita armata, e con ciò essa acquista maggiore energia. Se due di queste calamite si fanno combaciare per i loro poli, se questi sono dello stesso nome si repelleranno, e si attrarranno se sono di nomi differenti.

Si può magnetizzare una spranga di ferro o di acciajo mettendo in contatto, ovvero strisciando ripetute volte e nello stesso senso, uno dei poli della calamita sopra una delle estremità della spranga, e l'altro polo sull'altra estremità; acquistando queste estremità le proprietà inverse dei poli da cui sono state strisciate, o con cui sono state in contatto: così l'estremità della spranga strisciata, ovvero rimasta in contatto col polo tramontana acquista le proprietà del polo mezzogiorno, e l'altra estremità su cui si è strisciato, o è stato in contatto col polo mezzogiorno riceve le proprietà del polo tramontana.

186. *Bussola o rosa de' venti*, e *deviazione del-*

l'ago calamitato. La scoverta del nostro amalfitano Gioja, ha somministrato ai marini uno strumento per essi preziosissimo, qual'è la bussola o rosa dei venti. La bussola non consiste in altro che in una spranga leggiera di acciajo calamitata, sospesa nel suo mezzo su punta acuminata di ottone, in modo che vi possa girare liberamente. Su questa spranga s'incolla un leggiero cerchio di cartone, su cui sono delineati i trentadue rombi; ed il tutto si chiude ordinariamente in un mortaretto di legno o di metallo, che poggia su bilancieri; affinchè in qualunque movimento la rosa dei venti serba sempre la posizione orizzontale.

La spranga di ferro denominata dai marini ago calamitato, non si dirige costantemente verso tramontana e verso mezzogiorno; ma devia da questa direzione, accostandosi o verso levante o verso ponente. Questa deviazione, che chiamasi declinazione dell'ago, e da' marini variazione della bussola, è diversa non solo per i diversi luoghi; ma varia in diversi tempi per lo stesso luogo, nè in ciò serba leggi costanti, come diremo.

Oltre alla variazione, l'ago stabilito in posizione orizzontale va soggetto nei diversi siti ad inclinarsi più o meno all'orizzonte, che si chiama inclinazione dell'ago; questa può essere di tanto, da mettere l'ago in sito verticale; di fatti nell'America settentrionale tra la latitudine di 73° a 76° vi sono luoghi in cui l'ago per la sua posizione, si rende inatto a marcare la direzione del meridiano. Di queste anomalie ne parleremo qui appresso.

187. *Attrazione e ripulsione magnetica.* Due aghi calamitati sospesi nel modo che si è detto, e posti in due luoghi poco distanti, sembrano paralleli; ma avvi-

cinati fino a che le estremità, che sono dirette agli stessi punti dell' orizzonte, possono influire scambievolmente, si riconosce che esse si respingono; e se le estremità prossime sono dirette a punti opposti dell' orizzonte, si vede tra esse una attrazione, ugualmente come si osserva nelle calamite. Pure l' azione attrattiva de' poli opposti, e la repulsiva di quelli dello stesso nome, si osserva con maggior evidenza nel seguente sperimento. Se si prendono due pezzi di pietre magnetiche che si avvolgono nella limatura di ferro, per fare che questa venghi attirata particolarmente nei poli; si vedrà, come s' è detto, che in questi punti i pezzettini di limatura sembrano come infilati, attaccandosi l' uno all' altro, e disposti come tanti raggi, che partono dai rispettivi poli delle calamite. Or se si avvicinano queste due calamite per i loro poli, se questi sono dello stesso nome, si osserva che i fili di limatura di ferro si piegano indietro per non venire in contatto; e se i poli sono di nome contrario, si vede che gli stessi fili si attirano, e avvicinati si confondono.

188. *Azione direttrice del Globo terrestre.* Presa una calamita naturale di molta energia, o meglio una spranga di acciajo calamitata di molta forza, la quale si dispone nella posizione che prenderebbe un ago calamitato se venisse sospesa liberamente; se una punta acuminata s'innalza verticalmente nel mezzo di questa spranga, su cui si sospende un piccolo ago calamitato, questo si fissa in una posizione di equilibrio parallela all' asse della spranga, ovvero alla linea che unisce i poli della calamita; perchè in virtù delle attrazioni e ripulsioni indicate di sopra, quest' ago è ani-

mato da forze dirette nel piano verticale che passa per l'asse della spranga, e conseguentemente deve restare in questo piano. Or siccome le attrazioni han luogo tra poli opposti, perciò l'estremità dell'ago calamitato che si diriggerebbe verso la tramontana senza l'influenza della spranga calamitata, si mette nella direzione del polo mezzogiorno di questa spranga, perchè viene da questo attirato; come pure il polo mezzogiorno dell'ago nella direzione del polo tramontana della spranga; e se mai si forza l'ago a mettersi in senso opposto, subitochè si abbandona a sè stesso, riprende la posizione inversa, mettendosi in modo da corrispondere con i poli opposti della spranga.

Allo stesso modo possiamo spiegare l'azione direttrice del globo terrestre, considerandolo come una calamita; avendo in due punti opposti, ad una certa profondità, i poli magnetici, i quali agiscono sull'ago calamitato. Ammettendo quest'analogia come una identità, bisogna riguardare la parte dell'ago calamitato che si dirige verso la tramontana, come quella che possiede le proprietà della stessa natura del polo magnetico del globo situato nell'emisfero australe; ed inversamente la parte dell'ago che tende verso il mezzogiorno devesi considerare come se possedesse le stesse proprietà del polo magnetico situato nell'emisfero boreale; dal che si conviene che bisogna chiamare polo australe dell'ago calamitato quella sua estremità che si dirige verso la tramontana, e polo boreale l'altra estremità che si dirige verso il mezzogiorno.

189. *Analogia tra l'elettricismo ed il magnetismo.* Diverse azioni magnetiche hanno luogo in circostanze

analoghe a quelle in cui v'è sviluppo di elettricità. Per esempio i fenomeni elettrici si manifestano nei conduttori isolati sottomessi all'influenza dei corpi elettrizzati, come se si comunicasse direttamente l'elettricità a questi conduttori; similmente varii pezzi di ferro dolce, situati a certa distanza da una calamita naturale o artificiale, manifestano fenomeni magnetici, come se fossero calamite. I segni di elettrizzazione per influenza dispajono allorchè si allontana il corpo elettrizzato; parimente le proprietà magnetiche nel ferro dolce scompariscono quando si allontana la calamita che li ha prodotti.

Se si sospendono due fili di ferro dolce paralleli tra loro per mezzo di due fili di seta, (Fig. 83) e si avvicina al di sotto di essi uno dei poli di una energica spranga magnetizzata, questi due piccoli pendoli si allontanano l'uno dall'altro; e si avvicinano allorchè si discosta la spranga. Quest'azione è dovuta all'influenza della calamita che dà momentaneamente la virtù magnetica ai due fili di ferro, in modo che i loro poli simili essendo vicini si repellono, ma cessando l'influenza magnetica i pendoli riprendono la posizione verticale. Questo fenomeno ha molta analogia, almeno in apparenza, con la ripulsione di due corpi elettrizzati della stessa maniera. Parimente se ad una spranga calamitata che ha tanta forza da tener sospesa una massa di ferro dolce, per l'attrazione che uno dei poli esercita sul polo di nome contrario, che la sua influenza ha determinato in questa massa, vi si avvicina parallelamente, ma in una posizione inversa una seconda barra della stessa forza della prima, la massa di ferro dolce si distacca. Questo avviene perchè aggiungendo all'influenza della pri-

ma spranga l' influenza contraria della seconda , si annulla la magnetizzazione nella massa di ferro dolce, riprendendo il suo stato naturale, e si mette in preda alla forza di gravità. Lo stesso avviene tra due corpi uguali, ed ugualmente carichi di elettricità contraria ; essi non determinano verun fenomeno elettrico in un conduttore isolato, posto simmetricamente per rapporto ad essi ; ovvero che uno dei due corpi nell' approssimarsi distrugge i segni di elettricità che l' altro aveva prodotto.

Un pezzo di ferro dolce, sospeso ad una delle estremità di una spranga calamitata ; diviene una calamita temporanea, capace di tener sospeso all' altra estremità un secondo pezzo di ferro dolce ; quest' ultimo così calamitato per influenza può sostenerne un terzo, e così di seguito; ma l'azione s'indebolisce progressivamente, talmentechè il pezzo superiore non può sostenerne che un altro d'inferiore peso. Se la spranga calamitata si allontana dal primo pezzo di ferro, tutte le aderenze magnetiche cessano nell'istesso tempo. Lo stesso succede in una serie di conduttori isolati disposti in una medesima linea, e terminati da un corpo elettrizzato ; tutti questi conduttori si elettrizzano per influenza , ma la quantità di fluido naturale decomposta, o per meglio dire i segni di elettricità sono minori nei conduttori i più discosti dal corpo elettrizzato, e qualora questo si allontana tutt' i conduttori rientrano nello stato naturale.

190. Allorchè i pezzi sospesi alla spranga calamitata sono di acciajo temperato, essi conservano le proprietà magnetiche dopo la separazione, e possono agire come vere calamite. Si può misurare l' energia di una

spranga presentando all' attrazione di uno de' suoi poli un pezzo di ferro dolce, a cui è attaccato un piatto di bilancia, nel quale si aggiungono pesi progressivamente fino a che l' attrazione magnetica resta vinta; il peso totale che determina la separazione misura la forza della spranga magnetizzata. A questo modo si riconosce, che nelle calamite che hanno servito a comunicare la virtù magnetica a' pezzi di acciajo la loro forza attrattiva non viene per questo indebolita, anzi la loro azione diviene più energica. Or in questo il magnetismo differisce dall'elettricismo, dappoichè un corpo elettrizzato trasmettendo in un corpo conduttore le sue proprietà elettriche, ne resta indebolito più o meno, in corrispondenza dell'estenzione superficiale del corpo in cui si trasmette; al contrario una calamita dopo aver trasmessa l' azione magnetica a qualunque numero di spranghe di acciajo non resta per niente minorata nelle sue proprietà magnetiche.

Se nell'esperimento di sopra accennato per misurare l' energia dell'attrazione magnetica, si sostituisce al ferro dolce a cui è sospesa la coppa di una bilancia, un pezzo di acciajo di ugual volume, si osserva che per vincere l' attrazione della stessa calamita vi bisogna minore peso; il che prova che il magnetismo non si sviluppa colla stessa facilità nell' acciajo come nel ferro dolce; e c' induce a credere che laddove l'acciajo conserva più a luogo la virtù magnetica, l'acquista per altro con più difficoltà. Questa resistenza allo sviluppo delle proprietà magnetiche è stata detta *forza coercitiva;* e questa stessa è quella che si oppone ugualmente alla loro disparizione allorchè si sono manifestate. Una ta-

le resistenza è analoga a quella che limita la decomposizione, e rallenta la ricomposizione dell'elettricità naturale in un corpo mediocremente conduttore come il legno.

191. *Ipotesi dei due fluidi magnetici.* Questi fenomeni diversi hanno fatto immaginare una ipotesi, analoga a quella adottata per ispiegare i fenomeni elettrici; supponendo che i corpi capaci di manifestare i fenomeni magnetici contengono due fluidi, distinti coi nomi di fluido boreale e di fluido australe, dal nome dei poli ove la loro azione diviene predominante; questi fluidi sono dotati di attrazione scambievole, e le molecole fluide della stessa natura si respingono; quando questi fluidi sono separati si manifestano i fenomeni magnetici; ma acciò la spiega di tutt'i fenomeni possa essere compiuta, bisogna ammettere che questi fluidi non possono essere trasportati nè da un corpo in un'altro nè da un punto in un altro dello stesso corpo; riguardando, ciascuna particella di un corpo suscettibile di magnetizzarsi, ed incapace di essere abbandonata dai fluidi magnetici che contiene; i quali sono combinati o distribuiti ugualmente allorchè il corpo è nello stato naturale, e che si separano per occupare le parti opposte di queste particelle allorchè il corpo è sottoposto all'influenza di una calamita. E siccome abbiamo detto che l'acciajo acquista le proprietà magnetiche con più difficoltà del ferro dolce, e conserva queste proprietà acquistate; perciò bisogna ammettere una forza coercitiva che impedisce in parte il passaggio di questi fluidi nell'interno delle particelle, e che opponendosi al loro

movimento, si oppone non solo alla loro separazione, ma benanche alla loro ricomposizione.

192. Tostochè si rompe in più pezzi una calamita, o una spranga calamitata, la quale non presenta che due poli ai suoi estremi, in ciascun pezzo si osservano i due poli contrarii. Questo fatto fondamentale ci obbliga ad ammettere che i due fluidi magnetici non si trasportano che a distanze insensibili dal luogo, ove la loro separazione si opera; e siccome queste piccole calamite che ne risultano hanno una forza magnetica proporzionatamente alla loro massa minore di quella della calamita di cui facevano parte; così è da credersi che nella calamita la forza magnetica va progressivamente crescendo nelle sue molecole a proporzione che queste si trovano più discoste dal punto centrale.

193. La denominazione di poli e di fluidi magnetici è stabilita sull'analogia che vi è tra l'azione direttrice del globo e quella di una calamita, ed è necessario provare che tutte le deduzioni tirate da quest'analogia sono confermate dall'esperienza. La prima conseguenza che si presenta si è, che la distribuzione del magnetismo in una spranga calamitata, in cui le leggi sono dedotte dall'ipotesi dei due fluidi può essere applicata allo stato magnetico del globo. Così le azioni concordanti di uno degli emisferi boreale o australe su di una particella magnetica possono essere rappresentate da una forza unica, emanata da un centro di azione o polo, situato ad una profondità tale, che si possa riguardare la direzione e l'intensità di questa risultante come costante, relativamente ai differenti punti della superficie della terra poco lontani tra loro. D'altra parte le azioni

concordanti di uno dei poli magnetici del globo su di una delle metà di una spranga calamitata, in tutte le direzioni devono essere riguardate come parallele, e possono essere rappresentate da una forza unica applicata secondo questa direzione comune ai poli corrispondenti della spranga. Questo è confermato dall' esperienza; poichè se si sospende nel suo centro di gravità un ago calamitato per mezzo di un filo flessibile, il filo resta nella posizione verticale; e ciò fa conoscere che l' ago non è sollecitato, in virtù dell'azione magnetica del globo, da alcuna forza orizzontale. Inoltre se si sospende una leva orizzontalmente per mezzo di un filo, e su di una dell' estremità della leva si situa un ago calamitato, nella direzione che acquisterebbe per l' influenza magnetica terrestre se fosse liberamente sospeso, e sull'altra estremità della leva si adatta un contrapeso uguale esattamente al peso dell'ago prima di esser calamitato, si osserverà che la leva resta in equilibrio; adunque l' azione del globo sull' ago calamitato non ha alcuna componente verticale. Queste esperienze verificano i risultati teoretici; vale a dire che l' influenza magnetica del globo sull' ago calamitato si riduce ad un'azione direttrice, o ad una comulazione di due forze uguali parallele e opposte, che agiscono su i poli della calamita.

Per riconoscere le direzioni che il globo tende a far prendere all' ago calamitato in un luogo dato della superficie della terra, si opera nel seguente modo: si sospende orizzontalmente un ago di acciajo non calamitato mediante un filo di seta non torto; si calamita in seguito quest' ago, il quale essendo sospeso nel modo an-

zidetto, si osserverà che l'ago stabilito nella posizione determinata dall'azione magnetica devia dalla posizione orizzontale, formando un'angolo coll'orizzonte: quest'angolo determina *l'inclinazione dell'ago calamitato*.

194. *Osservazioni fatte, sulla variazione, inclinazione, ed intensità dell'ago.* La declinazione è ordinariamente occidentale in Europa, ed orientale in America e nel nord dell'Asia. In taluni luoghi la declinazione dell'ago è zero, e questi sono stabiliti su linee irregolarissime; una di esse è stata riconosciuta nell'oceano atlantico fra l'antico ed il nuovo mondo, e taglia il meridiano di Parigi nel 65.^{mo} grado di latitudine australe, rimonta verso NO fino al 35.^{mo} grado di longitudine dal meridiano di Parigi, e si conduce nella direzione del meridiano sulle coste del Brasile; l'altra linea parte dal grande arcipelago s'eleva verso il nord, e traversa la parte orientale della Siria; esse sono dotate di un movimento regolare andando da levante a ponente.

L'inclinazione, in generale, aumenta con la latitudine, ed in senso contrario nei due emisferi. Nella zona torrida vi esistono diversi punti ne'quali l'inclinazione è nulla; ed alla linea che passa per essi si è dato il nome di equatore magnetico, che figura imperfettamente da cerchio massimo della sfera, per le sue sinuosità ed irregolarità. Il signor Morlet sulle osservazioni di diversi navigatori ne ha indicata la forma, e la posizione dei diversi punti in cui esso intersega l'equatore terrestre. Le osservazioni in questi ultimi anni fatte dai signori Freycinet, Duperrey, e dal capitano Sabine danno altra posizione all'equatore magnetico; dal che taluni hanno conchiuso che la linea senza inclinazione varia col tem-

po ; ed il signor Arago ha dimostrato dalle differenze dei risultati ottenuti nelle diverse epoche, che l'equatore magnetico soffre un movimento di traslazione secolare dall'est all'ovest, al pari delle linee senza declinazione.

La declinazione dell'ago va soggetta in ciascun luogo a dei cangiamenti annuali , e le osservazioni fatte negli osservatori di Parigi d'Inghilterra e dei Stati Uniti fan vedere che va soggetta a variazioni nei diversi mesi dell'anno , e a dei movimenti oscillatorii nelle diverse ore del giorno; ed oltre le variazioni regolari e periodiche, tutti gli osservatori hanno marcato l'esistenza di variazioni subitanee ed irregolari nella declinazione dell' ago calamitato, le quali succedono quando ha luogo un aurora boreale nel nord ; e questa coicedenza importante sparge molta luce sulla cagione del magnetismo terrestre, facendo dipendere si l'uno che l'altro fatto da fenomeno elettrico. Le varazioni secolari e periodiche, non che le anomalie dell'iuclinazione dell' ago calamitato , non sono state accuratamente studiate come quelle della variazione; ma, quantunque più debboli, la loro esistenza è comprovata.

Le osservazioni dirette a determinare l'intensità magnetica in diversi luoghi hanno condotto il signor Humboldt a stabilire che l' inteusità magnetica del Globo terrestre aumenta in generale con la latitudine ; val quanto dire dall' equatore ai poli ; ed i punti della superficie del globo ove l' intensità è la stessa , formano delle curve chiamate *isodinamiche.* Il signor Humboldt ha marcato nel nuovo continente una di queste curve che crede esser quella del minimum d'intensità, la quale taglia quasi ad angolo retto l'equatore magneti-

co al Perù alla latitudine di 7° australe, e di 81° di longitudine occidentale; ed avendo preso per unità l'intensità magnetica osservata in questo punto, ha riconosciuto che l'intensità magnetica a Napoli e di 1.2745, a Milano di 1.3121, ed a Parigi di 1.3482; considerando come probabile che l'intensità magnetica nei diversi punti del globo varia tra i limiti di 1 a 2.6. Le osservazioni del signor Rossel e del capitano Sabine fanno conoscere che l'intensità sull'equatore magnetico è minore nell'arcipelago delle Indie e sulle coste occidentali dell'Africa di quella ch'è al Perù.

Una minorazione poco sensibile nell'intensità magnetica è stata osservata in corrispondenza dell'altezza dal livello del mare dal signor Humboldt nelle Andes e nelle Cordigliere, da Kupfer sulle montagne del Caucaso, e nei viaggi areostatici eseguiti dai signori Gay-Lussac e Biot; il che par che possa dipendere dal cambiamento di temperatura.

195. *Magnetizzazione per influenza.* L'azione del globo terrestre, potendo essere rappresentata da quelle di due poli magnetici, deve esercitare sopra una spranga di ferro o di acciajo la stessa influenza che vi esercita una calamita; questa influenza dev'essere particolarmente sensibile qualora si dà alla spranga la stessa direzione delle azioni magnetiche del globo; vale a dire la posizione che prende un ago calamitato allorchè è sospeso per mezzo di un filo, o su di un perno acuminato, nel suo centro di gravità. Di fatti se in questa posizione si dispone una spranga di ferro, essa diviene magnetica; il che è provato da un piccolo ago calamitato che si avvicina alle estremità di questa spranga, il qua-

le e sussecutivamente attirato e respinto , indicando ciò l' esistenza di due poli magnetici contrarii ; cioè il polo tramontana dell' ago è attirato dall' estremità superiore della spranga , ed è respinto dall' altra , avvenendo il contrario pel polo mezzogiorno. La dimostrazione che questa proprietà non è permanente nella spranga si è , che succede lo stesso se la spranga si capovolge, controcambiando il posto delle sue estremità.

Una spranga di ferro offre sempre due poli ai suoi estremi in tutte le posizioni , purchè non sia perpendicolare al meridiano magnetico ; questa magnetizzazione è anche dovuta alle azioni de' poli magnetici della terra, i quali danno sempre componenti efficaci dirette secondo l' asse della spranga. Questa magnetizzazione per l' influenza del globo , dà spiegazione della formazione delle calamite naturali ; e di tutt'i segni di magnetizzazione che sembrano sviluppati spontaneamente negli oggetti di ferro e di acciajo. Si è osservato che un urto violente impresso ad una spranga di ferro favorisce la megnetizzazione mediante l' influenza del globo , ed è al caso di aumentare l' energia del magnetismo già esistente. I forti colpi di martello , come pure le poderose torsioni danno al ferro puro una certa forza coercitiva da farli conservare la proprietà magnetica per un certo tempo. Il passaggio del ferro per la filiera ne opera la sua magnetizzazione , purchè non si trovi in una direzione perpendicolare al meridiano magnetico ; se dopo si ricuoce rientra nello stato naturale , perdendo ogni proprietà magnetica. In generale qualunque pezzo di ferro magnetizzato con uno dei mezzi poc' anzi descritti perde ogni proprietà magnetica allorchè si assog-

getta ad un' elevata temperatura. Gli ordigni di ferro usati nelle arti e nell' economia domestica, come tenaglie, mollette, forbici ecc. sono vere calamite. In questi oggetti, o in qualunque pezzo di ferro magnetizzato co' mezzi precedenti, se si vogliono riconoscere i poli magnetici non bisogna fare uso di ago calamitato di molta forza, perchè questo potrebbe sviluppare negli stessi oggetti proprietà magnetiche che prima non vi erano; ma per verificare ciò bisogna adoperare aghi di una estrema delicatezza.

Il passaggio istantaneo dell' elettricità a traverso del ferro lo magnetizza; e da gran tempo che ciò fu annunciato dal Signor Fischer, facendoci conoscere che le spranghe di ferro nei parafulmini dopo un certo tempo si magnetizzano, e magnetizzate conducono male l'elettricità. Nel capitolo seguente esaminando più minutamente l'influenza elettrica sul magnetismo, avremo occasione di riconoscere la magnetizzazione prodotta dalle correnti elettriche che scorrono in prossimità dei corpi suscettibili a ricevere le proprietà magnetiche; ciò che offre la dimostrazione de' varii fenomeni da gran tempo conosciuti senza potersene dare spiega soddisfacente. Spesse volte è avvenuto che la caduta di un fulmine su di un naviglio ha deviata la direzione dell'ago calamitato della bussola, fino a fargli rovesciare i suoi poli; talmentechè posta in diversi siti del naviglio, in ciascun cambiamento di sito, il suo ago calamitato si è diretto in differenti punti dell'orizzonte; il che è stato attribuito da diversi fisici alla polarità magnetica sviluppata nei diversi ferri del bastimento, prodotta dalla scarica elettrica, le quali influiscono diversamente sulla polarità del-

l'ago calamitato. Sono alcuni anni che uno dei nostri bastimenti passando in molta vicinanza all' isola di Stromboli si accorse che le sue bussole non si prestavano al loro ufficio e riuscì ben difficile ridonare la polarità magnetica ai loro aghi.

196. L'acciajo temperato è più utilmente impiegato dell'acciajo non temperato e del ferro per formare le calamite artificiali ; ma il carbone in esso dev' essere in una quantità limitata , per farli acquistare una forza coercitiva da poter conservare la proprietà magnetica ; una quantità maggiore accrescerebbe la sua forza coercitiva di tanto da opporsi alla sua magnetizzazione. Il solfo, il fosforo, e l' arsenico in piccole quantità danno gli stessi risultati del carbone. La forza coercitiva dell'acciajo temperato cresce col grado di tempera , e una tempera soverchiamente forte resiste a qualunque processo di magnetizzazione ; per altro quella che meglio conviene è quella del rosso oscuro. La forza coercitiva dispare totalmente subitochè si distrugge la tempera, e ciò si ottiene riscaldandolo al rosso oscuro e facendolo raffreddare lentamente.

197. *Processi ordinarii di magnetizzazione, e calamite artificiali.* I mezzi che ordinariamente si adoprano per magnetizzare a saturazione gli aghi e le spranghe di acciajo variano con le loro dimensioni, ed in corrispondenza della forza della calamita che si adopera. Questi processi sono stati suggeriti dall'esperienza ; nè si è potuto dar ragione di tutte le circostanze riconosciute favorevoli allo sviluppo del magnetismo. Allorchè si vuole magnetizzare un ago leggiero , o una piccola spranga di acciajo , ciò facilmente si ottiene facen-

do strisciare la spranga nel senso della sua lunghezza coll'estremità di una poderosa calamita; e dopo che ha subìto molte frizioni sulle due facce opposte, fatte nello stesso senso, la spranga è magnetizzata. Per le spranghe di una certa grandezza, se ne situano al di sopra due altre poderose magnetizzate, di maniera che i loro poli contrarii occupino il mezzo della spranga che si vuole calamitare; indi si fanno strisciare in direzioni opposte andando verso le estremità della spranga sottoposta, in modo che ciascuna spranga calamitata strofina sulla metà della spranga sottoposta; ripetendo più volte lo strofinio nel modo descritto sulle due facce opposte della spranga la magnetizzazione è effettuita. L'operazione è abbreviata, e lo sviluppo del magnetismo facilitato, se la spranga o l'ago che si vuole magnetizzare poggia su i poli contrarii di due calamite fisse, le quali esercitano una magnetizzazione per influenza.

Si possono avere le calamite artificiali di molta forza, riunendo lamine di acciajo, o spranghe sottili calamitate a saturazione; addossando le une sulle altre, e stringendo i loro estremi tra due pezzi di ferro dolce, come nella (Fig. 84). È utile che le estremità delle lamine parziali non sieno nello stesso piano, dovendo sporgere più in fuori la lamina di mezzo, e facendo rientrare gradatamente le lamine laterali.

198. *Calamite armate.* Le calamite naturali producono effetti limitatissimi qualora non sono armate; il modo come armarle è il seguente: si determina la posizione dei poli della calamita naturale, per mezzo della limatura di ferro, che vi aderisce allorchè vi si mette in contatto, e si accumula particolarmente nei poli co-

me abbiamo detto ; ed è facile distinguerli dall' effetto che producono su di un ago calamitato. Stabilito questo si tagliano nella calamita due facce piane perpendicolari alla linea menata tra i due poli ; si applicano su queste facce due lamine sottili di ferro dolce terminate ciascuna da un quadrello dello stesso metallo, le quali vi si mantengono aderenti per mezzo d' alcune strisce di ottone, come lo rappresenta la (Fig. 85) I quadrelli delle armature divengono i poli magnetici per influenza di quelli della calamita ; la posizione di questi nuovi poli è comodissima per tenervi sospeso un pezzo di ferro, che viene attirato. Le armature ed il pezzo di ferro, che sostengono reagiscono, pel magnetismo in essi sviluppato dalla calamita, acquistando in tal modo maggior forza, rendendosi atta perciò dopo un certo tempo a sostenere un peso maggiore; dapoicchè le calamite non armate, o in cui le armature non sono caricate di un peso sufficiente perdono il loro magnetismo col tempo.

Le calamite artificiali o le spranghe calamitate bisogna che sieno tenute in modo che i loro poli opposti sieno in comunicazione per conservare la loro energia; perciò si dà alla calamita artificiale la forma di un ferro di cavallo (Fig. 86) ; e così conformata conserva meglio il magnetismo, che una spranga prismatica della stessa forza; il che può dipendere dal ravvicinamento dei due poli, esercitando un' azione conservatrice l' uno sull' altro ; oltre a ciò questa forma è più comoda per sospendervi la spranga di ferro ed i pesi.

199. *Cagioni che apportano la perdita del magnetismo.* La perdita del magnetismo in una calamita, indipendentemente da ogni armatura, proviene da diverse

cause. 1.° Dall'azione per influenza del globo terrestre, che può operare la ricomposizione di una parte dei fluidi, quando la calamita si trova casualmente e per lungo tempo in una posizione più o meno contraria a quella che prenderebbe se fosse sospesa liberamente. 2.° Qualora più calamite stando in vicinanza le une alle altre senza ordine, possono influire scambievolmente a distruggere una porzione del loro magnetismo, e questi effetti possono essere favoriti dagli urti violenti, non difficili ad accadere; ma la cagione più potente della dispersione del magnetismo in una calamita artificiale si è il cambiamento di temperatura a cui si assoggetta; avendo detto precedentemente, che se una spranga calamitata si riscalda al rosso, e poi si fa raffreddare tenendola in una direzione perpendicolare al meridiano magnetico, perde tutta la sua forza; perciò qualunque sia il cambiamento di temperatura che prova una spranga calamitata nel ritornare alla sua temperatura primitiva, non conserva la stessa energia.

Nel comunicare ad una spranga di acciajo la più forte magnetizzazione che può conservare, avviene alcune volte, che oltre dei due poli ai suoi estremi, si manifestano altri centri di azione in altri punti della spranga, i quali sono da evitarsi particolarmente nella magnetizzazione degli aghi della bussola; al che si perviene impiegando acciajo omogeneo, e dandole una tempera moderatissima.

200. *Comparazione tra le intensità delle forze magnetiche di due calamite, e bilancia magnetica.* L'ago calamitato sospeso liberamente su di una punta acuminata, o sospeso per mezzo di un filo somministra un

mezzo preciso per paragonare tra loro le intensità delle azioni magnetiche delle calamite, semprechè le circostanze influenti della distanza, della posizione, del tempo, e della temperatura sono le stesse. Questa comparazione è fondata sulla deviazione maggiore o minore che l'ago calamitato soffre, allorchè una influenza estranea a quella del globo, lo fa scostare dalla direzione che quella del globo le fa prendere; o sul numero più o meno grande di oscillazioni che fa in un tempo dato, quando si discosta dalla sua posizione di equilibrio. Ma prima d'indicare tutt'i vantaggi che si possono ricavare da queste ricerche, è necessario studiare le leggi dell'azione direttrice del globo sull'ago calamitato.

Si è detto di sopra che l'azione del globo sull'ago calamitato si riduce a due forze uguali parallele e opposte applicate ai due poli della calamita. Or sia un ago calamitato sospeso nel suo centro di gravità su di una punta acuminata, mobile in un piano che non è perpendicolare alla direzione comune di queste forze; supponiamo ciascuna di queste forze decomposte in due altre, una parallela all'asse di rotazione, l'altra parallela al piano che l'ago può descrivere, e tutte situate nel meridiano magnetico; la prima componente sarà distrutta pel modo di sospensione, la seconda sarà quella che farà girare l'ago, e lo condurrà nel meridiano magnetico, se mai n'è discosto. Nel movimento dell'ago le due componenti efficaci uguali parallele ed opposte applicate ai due poli, agiranno continuamente su questi punti in una direzione costante, e sempre colla stessa intensità. Dal che risulta che ciascuna metà dell'ago si muoverà come un pendolo semplice, che ha per lunghezza la di-

stanza del polo corrispondente all'asse di sospensione; e che le leggi di questo movimento saranno identicamente le stesse di quelle del pendolo. Or la forza direttrice non è altro che quella che tende a ricondurre nella posizione di equilibrio ciascuna metà dell'ago, allorchè essa n'è discostata da una forza qualunque; ovvero quella forza che bisogna per fare deviare l'ago dalla sua posizione di equilibrio. Il Sig. Coulomb per mezzo della sua bilancia di torsione ha sperimentato, che la forza direttrice di un ago calamitato è proporzionale al seno dell'angolo che lo separa dal meridiamo magnetico. Per verificarlo, sospese orizzontalmente al filo di argento della bilancia una lastricina di rame, su cui poggiò un ago calamitato, per tenerlo in posizione orizzontale; saldò verticalmente al di sotto della lastricina di rame altra laminetta anche di rame, che fece immergere in un vase di acqua sottoposto, per minorare le oscillazioni dell'ago e condurlo più presto nella sua posizione di equilibrio. Dispose l'apparecchio in modo che l'ago calamitato fosse diretto verso zero della divisione, senza però far subire al filo di argento alcuna torsione. Disposto il tutto in questo modo diede al filo metallico diverse torsioni fino a che l'ago calamitato fosse condotto sussecutivamente ad 1.° 2.° 3.° 4.° dalla sua posizione primitiva; rinvenne che gli angoli di torsione necessarii per mantenere l'ago in queste differenti posizioni sono proporzionali al suo deviamento. Or siccome le forze di torsioni corrispondenti seguono la stessa legge, bisogna conchiudere che le intensità della forza direttrice orizzontale, decomposta perpendicolarmente alla lunghezza dell'ago calamitato, componenti che

fanno direttamente equilibrio alle forze di torsioni osservate, sono realmente proporzionali all' angolo che l' ago calamitato fa col meridiano magnetico. Se poi l' allontanamento oltrepassa di molto 4.° o 5.°, si riconosce che la forza di torsione che lo determina cresce in realtà come il seno di quest' angolo.

La forza direttrice deve agire con un' intensità variabile nei diversi aghi calamitati di differenti dimensioni, dipendenti queste in ciascun ago dalla sua lunghezza, e dalla intensità della carica magnetica. La bilancia di torsione da un mezzo facile di paragonare le forze direttrici di più aghi, o ciò che Coulomb chiama i *momenti magnetici*; con sospendere ciascun ago al filo metallico, poggiandolo sulla laminetta di rame, come s' è detto precedentemente, e di torcere il filo metallico di tanto in ciascun esperimento da far deviare l' ago di una quantità sempre costante; è chiaro che gli angoli di torsione che producono costantemente lo stesso deviamento nei diversi aghi devono essere proporzionali ai loro movimenti magnetici.

La forza magnetica degli aghi può essere valutata dalla durata delle oscillazioni che essi fanno a dritta e a sinistra, prima di raggiungere la posizione di equilibrio, essendo assoggettati alla sola influenza del globo. Se la loro lunghezza è la stessa, l' energia del loro magnetismo avrà per misura il quadrato del numero delle oscillazioni fatte in un tempo dato, ovvero il rapporto inverso dei quadrati dei tempi impiegati a fare uno stesso numero di oscillazioni. La comparazione dei tempi che impiegano gli aghi calamitati per eseguire uno stesso numero di oscillazioni è stato utilizzato da Coulomb

per studiare l' influenza della lunghezza degli aghi sul loro potere magnetico; avendo osservato che diverse lamine costruite da uno stesso pezzo di acciajo della stessa lunghezza, e di lunghezza diverse, ugualmente temperate, e calamitate a saturazione, impiegano tempi proporzionali alle loro lunghezze, per eseguire venti oscillazioni; e che i tempi aumentano debolmente colla larghezza, essendo le lunghezze uguali; ed il diverso strofinio che soffre l' ago calamitato sulla sua punta acuminata su cui è sospeso può essere misurato dalla deviazione che può soffrire senza rimettersi nel meridiano magnetico. Coulomb si è servito di ciò per determinare le condizioni sotto le quali gli aghi calamitati sono più sensibili; che sono le seguenti: 1.° che le parti strofinate sieno della massima durezza, 2.° che gli aghi sieno leggieri, stretti, spianati, e conformati a guisa di una doppia freccia, 3.° che le loro lunghezze non sieno troppo piccole.

CAPITOLO V.

Fenomeni elettro-magnotici, e termoelettrici.

201. *Scoverta di OErstedt.* Il Fisico Danese OErstedt nel 1819 scovrì l' influenza che ha una corrente voltaica sull' ago calamitato e si occupò delle leggi di questa influenza. Queste leggi si possono riconoscere mettendo in opera l' apparecchio seguente; esso consiste in un filo metallico di bastante lunghezza, e di tale grossezza che venendo attraversato dalla corrente elettrica non potesse manifestrare un riscaldamento sensi-

bile; questo filo serve a mettere in comunicazione i poli di una pila in attività, disponendolo in modo che buona porzione della sua lunghezza sia in linea retta. A questa parte rettilinea del filo, per cui passa la corrente voltaica, si avvicina l'ago calamitato. Per indicare con chiarezza le deviazioni prodotte sull' ago è necessario immagginare un osservatore coricato sul conduttore rettilineo, e rivolto verso l'ago, in modo che la corrente elettrica positiva sia diretta dai suoi piedi alla testa; la dritta e la sinistra dell'osservatore si dicono la dritta e la sinistra della corrente voltaica.

Se si dispone in modo il filo che la corrente rettilinea voltaica sia orizzontale e nella direzione del meridiano magnetico, ed al di sopra dell'ago calamitato sospeso su di una punta acuminata, esso è deviato in modo che il suo polo australe cammina verso la sinistra della corrente; se poi si situa il filo conduttore al di sotto dello stesso ago, questo è deviato in senso contrario, scostandosi il polo australe sempre verso la sinistra; queste deviazioni aumentano a misura che il conduttore si avvicina più all' ago; ed a distanze uguali, secondochè la pila è più forte o la corrente è più energica; finalmente in una corrente molto energica l' ago si dispone presso a poco perpendicolarmente al conduttore. Se poi si presenta il filo metallico all'ago nel piano orizzontale che lo contiene si osserva che uno de' suoi poli si abbassa e l' altro s' innalza, sempre in modo che il polo australe tende verso la sinistra della corrente, ma il modo di sospensione si oppone acciò questo movimento sia molto pronunziato.

Quando si fa uso di un ago calamitato mobile intor-

no ad un asse diretto nel senso dell' inclinazione magnetica; quest' ago si situa sempre in direzione perpendicolare alla corrente rettilinea presentata in una direzione qualunque, parallela al piano di movimento. Si può ancora render nulla l'azione della terra su di un piccolo ago calamitato; situando ad una certa distanza una poderosa calamita orizzontalmente, e nella direzione del meridiano magnetico; qualora se li presenta una corrente orizzontalmente, al di sopra o al di sotto di quest'ago astatico, l'ago si disporrà perpendicolarmente al conduttore.

Tutte queste esperienze indicano che l'azione di una corrente può considerarsi come ridotta a due forze, applicate ai due poli della calamita, d'intensita variabili con la distanza, e di direzioni opposte, perpendicolari ai piani menati pel conduttore rettilineo e per ciascun polo. Per la qual cosa se la calamita è molto piccola relativamente alla distanza che ha dalla corrente, queste forze cospireranno per far tendere l'ago a prendere una posizione fissa, perpendicolare al piano menato pel suo centro e pel conduttore. In tutti i casi le forze tendono a metter l'ago in un piano perpendicolare alla corrente, in modo che il polo australe sia alla sua sinistra.

Nel circolo voltaico, la pila agisce sull' ago calamitato allo stesso modo che il conduttore interpolare; ma le deviazioni avvengono in senso inverso, per la ragione che se la corrente positiva va dal polo zinco al polo rame nel conduttore, segue un cammino opposto nella pila, andando dal polo rame al polo zinco. Se una pila a cassetta si situa nella direzione del meridiano magnetico, ed al di sopra di essa un ago calamitato, questo

resta nella posizione dettata dall'azione magnetica, fintantochè i due poli della pila non sono in comunicazione; ma subitochè questi si mettono in comunicazione mediante un filo metallico l'ago è deviato dalla sua posizione, e questo deviamento è maggiore in corrispondenza dell'attività della pila, e potrà servire a misurarne l'energia.

202. *Legge che regola l'azione di una corrente su di una calamita.* I Signori Biot e Savart hanno intraprese alcune sperienze tendenti a trovar la legge che regola l'azione di una corrente sovra una piccola calamita, a proporzione che la distanza che li separa si accresce. Essi si sono serviti di un conduttore rettilineo verticale della lunghezza di dieci piedi, affinchè le estremità incurvate che comunicano con la pila fossero tanto lontane da non tener conto della loro influenza (Fig. 87). Usarono una calamita prismatica cortissima sospesa orizzontalmente per un filo di seta non torto, posta in scatola di vetro; e questa calamita era resa astratica, val quanto dire indifferente all'azione del magnetismo terrestre, mediante una poderosa spranga calamitata, situata ad una certa distanza ed in posizione conveniente. La calamita mobile, essendo situata in prossimità di una corrente ad una distanza, che si poteva accrescere o minorare, scostando più o meno il conduttore; essa si arrestò in una direzione perpendicolare alla più corta distanza dal centro della calamita al conduttore. Ed avendola discostata un poco da questa posizione di equilibrio, con avvicinarle un pezzo di ferro che se ne allontanò in seguito, numerarono le oscillazioni che la calamita faceva in un tempo dato, allorchè le loro amplitudini erano molto impiccio-

lite, per potervi applicare la formola del pendolo. La comparazione dei quadrati dei numeri di oscillazione fatte nel medesimo tempo a distanze differenti li convinse, che la forza direttrice della calamita dovuta all'influenza della corrente varia in ragione inversa della semplice distanza. Sostituendo al conduttore rettilineo un altro conduttore piegato ad angolo (Fig. 88.), e situando il centro della calamita nel suo piano, in fuori, e sulla linea orizzontale che divide l'angolo in due parti uguali, il signor Biot ha riconosciuto che la forza direttrice dovuta alla corrente varia ancora in ragione inversa della distanza della calamita dall' apice dell' angolo, ed è inoltre proporzionale alla tangente della metà dell'angolo d'inclinazione della corrente all'orizzonte.

La pila non potendo conservare la stessa energia in tutto il tempo necessario per gli sperimenti di questa fatta, bisognava impiegare un mezzo di correzione. Perciò essi interposero sempre fra due osservazioni fatte a distanze differenti una osservazione fatta ad una distanza normale D, e paragonarono ogni nuova osservazione alla media dei due risultati ottenuti alla distanza costante, prima e dopo questa osservazione.

Il signor Laplace applicando il calcolo alle leggi scoverte dai signori Biot e Savart ha conchiuso che l'azione esercitata da un elemento lineare di una corrente voltaica sopra una particella magnetica varia in ragione inversa del quadrato della distanza, e proporzionalmente al seno dell' angolo che fa con la direzione della corrente la linea che unisce i centri dell' elemento e della particella. Quest'azione elementare era importante a co-

noscersi per analizzare con precisione gli effetti di un conduttore di forma qualunque sopra una calamita.

203. Un pezzo di ferro dolce non calamitato, e nel quale i fluidi magnetici sono riuniti, resta indifferente all'azione di una corrente voltaica a qualunque distanza; dal che si deve conchiudere, che la legge che regola le azioni di una corrente su i fluidi magnetici, allorchè la distanza varia, è la stessa per i due fluidi; e conseguentemente le leggi osservate dal signor Biot, e la legge elementare che ne risulta, hanno luogo separatamente per ciascun polo delle calamite sperimentate; o generalmente parlando per tutt'i punti di un corpo suscettibile di magnetizzazione, nel quale i due fluidi magnetici non sono in quantità uguali.

Una calamita mobile in presenza di un conduttore rettilineo indefinito disponendosi in una posizione perpendicolare alla direzione della corrente, fa vedere come se venisse sollecitata da due forze direttrici applicate nei suoi poli; dal che si deve conchiudere che se la calamita è fissa ed il conduttore è mobile, quest'ultimo dovrà situarsi perpendicolarmente all'asse della calamita; perchè in questa influenza scambievole la reazione deve essere uguale all'azione, e questa conchiusione è verificata dall'esperienza.

204. *Rotazione di una corrente per l'azione di una calamita.* Poco tempo dopo la scoverta dei primi esperimenti elettromagnetici il signor Faraday produsse per la prima volta un movimento di rotazione continuo per l'azione scambievole delle calamite e delle correnti voltaiche; l'apparecchio di cui si servì è presso a poco il seguente. Un piatto circolare di zinco z z (Fig. 89)

limitato da un bordo cilindrico xx, che ha nel suo centro un'apertura ugualmente circondata da un tubo cilindrico yy. Quest' ultimo bordo sostiene un'asta di rame $c\ c'$ terminata da una piccola capsoletta c', nella quale si mette una goccia di mercurio; una punta metallica p, che appoggia sul fondo della capsoletta c', sostiene un piccolo apparecchio composto di due fili di rame verticali $tt\ t't'$, che sostengono nel basso un anello di rame ss, il quale resta situato nel mezzo del canale cilindrico $xxyy$, nel quale canale si mette dell'acido solforico allungato con acqua. L' azione dell' acido sullo zinco dà luogo alla decomposizione del fluido naturale; cosicchè l'elettricità positiva si trasmette mediante l' anello di rame ss ai fili verticali $tt\ t't'$, e da questi alla punta metallica p, al mercurio posto nella capsoletta c', all'asta $c'c$, fino a raggiungere l' elettricità negativa che tende ad accumularsi sul piatto di zinco: dal che risulta una corrente voltaica ascendente nei due fili verticali $tt\ t't'$. In queste circostanze se si presenta il polo di una calamita nell'interno del cilindro yy, si vede che l'apparecchio sospeso sulla punta acuminata p prende un movimento di rotazione continuo intorno la verticale $c'c$; e se si rovescia la calamita presentando nel cilindro yy l' altro polo, si osserva anche movimento di rotazione, ma in senso inverso del primo.

205. *Rotazione di una calamita per l' azione di una corrente.* Il signor Ampère è riuscito a produrre l' esperimento inverso, val quanto dire la rotazione di una calamita mediante l'influenza di una corrente fissa: ed a far ciò impiegò un tubo largo di vetro ripieno di mercurio, nel quale fece galleggiare una calamita cilin-

drica, mantenuta in posizione verticale mediante un contrapeso di platino della stessa forma cilindrica della calamita, ed attaccato al di sotto di essa (Fig. 90). La parte superiore della calamita era di forma concava, nella cui concavità vi era posto il mercurio, dal quale partiva la punta di un filo metallico, che coll'altra sua estremità comunicava con uno dei poli della pila; un cerchio di rame, che s'immergeva nel mercurio posto nel tubo di vetro, comunicava mediante un conduttore conveniente con l'altro polo della pila. Da questa disposizione ebbe una corrente voltaica, che passando dal cerchio di rame al mercurio posto nel tubo di vetro, e da questo alla calamita, ed al mercurio postovi sopra, e finalmente al filo metallico che vi era immerso, osservò che la calamita girava intorno al suo asse. Questo movimento di rotazione si eseguiva in senso opposto sì allorquando si rovesciava la calamita, lasciando intatta la direzione della corrente, che quando si rovesciava la corrente, lasciando la calamita nella stessa posizione.

Per dar ragione di questi movimenti di rotazione basta aver presente la legge elementare, che è una conseguenza rigorosa delle leggi scoverte dai Signori Biot e Savart.

206. *Altra rotazione di una calamita.* Il signor Faraday ha scoverto un'altro genere di movimento di rotazione, che si può avere mediante l'apparecchio del signor Ampère, escogitato per far girare una calamita sul suo asse; per questo fece immergere nel mezzo del mercurio del tubo di vetro il filo conduttore, che si faceva immergere nella cavità superiore della calamita, nell'esperienza precedente. Stando la calamita immersa

nel mercurio, ma situata fuori dell'asse del cilindro, la vidde girare intorno al filo; ed avendo cangiata la direzione della corrente, si mosse in senso opposto (Fig. 91) Ecco la teorica di questo fenomeno: la calamita trovandosi sottomessa all'influenza di correnti fisse, ed il movimento totale di rotazione di una corrente di questa natura essendo nullo per rapporto all'asse della calamita, dietro la teorica precedente; bisogna conchiudere che la risultante delle azioni di una corrente fissa sopra una calamita passa per un punto del suo asse, e può conseguentemente produrre un movimento di traslazione qualora l'asse della calamita non è fisso. Or nell'esperimento in quistione il movimento di traslazione impresso alla calamita apporta un cambiamento in ciascun istante al sistema di tutte le correnti fisse che l'imprimono il movimento; poichè questa calamita trasportata interrompe molte di quelle che irraggiano sulla superficie del mercurio per farne nascere altre dietro di essa; e si capisce che questa variazione continua deve invertire il movimento di rotazione in un movimento di traslazione, nel quale la calamita deve sussecutivamente intersecare alla stessa distanza dal centro tutt'i raggi tirati alla superficie del mercurio.

207. *Attrazione e ripulsione di una calamita operate da una corrente.* Si possono prevedere diverse circostanze nelle quali una calamita mobile deve sembrare attirata o respinta da un conduttore fisso, determinando la risultante delle azioni esercitate da tutti gli elementi di una corrente su i due poli di un corpo magnetizzato; e ciascuna di queste azioni essendo valutata in conseguenza della legge dedotta dagli sperimenti de'

signori Biot e Savart, si da spiega facile dei fenomeni curiosi di attrazione e ripulsione osservati per la prima volta dal signor Boirgiraud. Di fatti se si sospende verticalmente ad un filo un ago da cucire, questo viene or attirato, ed ora respinto da una corrente rettilinea orizzontale che percorre in sua vicinanza, in corrispondenza della direzione e della posizione di questa corrente relativamente ai poli dell' ago. Se il conduttore è situato fra i due piani orizzontali che si suppongono menati per i poli magnetici; si avrà sempre attrazione o sempre repulsione, secondochè il polo australe è alla dritta o alla sinistra della corrente. Se il conduttore è successivamente innalzato al di sopra dei due piani orizzontali menati per i poli, o abbassato al di sotto, l'attrazione o la repulsione persiste fino ad un certo limite di distanza, oltrepassata la quale si avrà repulsione o attrazionè.

208. *Galvanometro o moltiplicatore.* L' azione direttrice delle correnti voltaiche sull'ago calamitato è stata applicata dal signor Schweiger alla costruzione di uno strumento che serve ad indicare l' esistenza di una corrente: questo strumento è stato chiamato *galvanometro* o *moltiplicatore* (Fig. 92); esso consiste in un quadro rettangolare di legno o di avorio disposto nel piano nel meridiano magnetico, in modo che i suoi lati più lunghi restino in posizione orizzontale; un filo metallico coverto di seta si avvolge al quadro, formando un gran numero di giri, avendo le due sue estremità scoverte per metterle in comunicazione con le estremità dei conduttori, ne'quali si vuol dimostrare l'esistenza di un azione elettromotrice; un ago calamitato molto

sottile, vien sospeso ad un filo di seta cruda in modo da disporsi in posizione orizzontale nel mezzo del quadro. Allorchè l' ago non prova altra influenza che quella del globo, si dispone in direzione parallela ai rettangoli formati dal filo ; ma quando il filo è attraversato da una corrente elettrica l'ago è deviato dal meridiano magnetico dalle azioni concordanti dei lati orizzontali di questi rettangoli, che fan l' ufficio di tanti conduttori rettilinei. È facile osservare che le correnti sottoposte all'ago, quantunque camminino in senso contrario di quelle che percorrono al di sopra, tendono non ostante a far girare il polo australe dal medesimo lato, in modo che tutte queste correnti parziali si accordano per aumentarne la deviazione; la quale è maggiore a proporzione che la corrente è più energica, e perciò può servire a paragonare l'energia di diverse correnti ; ma i rapporti di queste forze non potranno dedursi dalle deviazioni prodotte, che per mezzo di una tavola di graduazione.

Ordinariamente si dispongono nel galvanometro due aghi calamitati, che hanno presso a poco la stessa forza; situati parallelamente ed in senso inverso l'una dell'altro, attraversati ne'loro centri da un filo di paglia , sospeso verticalmente ad un filo di seta non torto (Fig. 93). Uno di questi aghi è situato nel mezzo dei rettangoli, e l'altro è posto al di sopra del quadro, e risente le azioni inverse dall'influenza delle correnti parziali superiori, e da quelle inferiori; ma l'azione delle prime, essendo più prossima, distrugge quella delle seconde; ed è facile capire che la loro differenza tende a far girare il sistema mobile nello stesso verso delle azioni esercitate sull'ago situato nel mezzo del quadro, e perciò l'influenza di una

corrente si trova aumentata da questa disposizione. Ma quel che rende le deviazioni più sensibili, si è la grande diminuzione della resistenza opposta dall'azione del globo; perchè i due aghi avendo i momenti magnetici presso a poco uguali, ed essendo paralleli e diretti in senso contrario, non vi è che la debole differenza tra le forze direttrici che il globo esercita sopra di essi, che tende a spingerli nel meridiano magnetico.

Questi galvanometri per lo più sono forniti di un cerchio graduato posto per lo più tra il quadro e l'ago superiore; questo disco ha un'apertura nel centro bastantemente larga, che si prolunga nel lato superiore del rettangolo, per la quale passa il filo di paglia che unisce i centri dei due aghi, attraverso dei fili metallici. La deviazione che subisce l'ago superiore si osserva facilmente sulla graduazione del disco; e dal senso di questa deviazione si ha la direzione della corrente, con determinare la posizione che deve avere un osservatore coricato sul quadro e rivolto verso l'ago, acciò il polo australe deviato si trova verso la sua sinistra; la corrente dei fili superiori del rettangolo è allora diretta dai suoi piedi alla testa; e trovata questa direzione è facile conchiudere quale estremità del conduttore riceve l'elettricità positiva.

209. A principio si credè che soltanto le correnti elettriche prodotte dalle pile potevano influire sull'ago calamitato; ma il signor Colladon ha provato il primo che gli stessi fenomeni possono prodursi mediante l'elettricità della macchina elettrica, badando che il filo del moltiplicatore fosse molto lungo da poter formare una spira di cinque a seicento giri intorno al quadro,

bene isolati gli uni dagli altri; questo filo deve terminare in due punte sottili, che si presentano ad una certa distanza alle armature di una batteria elettrica, o di una bottiglia di Leyde, ed in mancanza della batteria e della bottiglia, si presenta una di queste punte al conduttore della macchina elettrica, e l'altra ai cuscini. In ogni modo bisogna che le punte non sieno molto vicine alle due sorgenti di elettricità opposte, acciò la discarica venghi operata lentamente per mezzo del filo del moltiplicatore; a questo modo si ha una corrente che fa deviare gli aghi del galvanometro.

Lo stesso fisico ha impiegata l'elettricità atmosferica per ottenere una corrente elettrica, mettendo in comunicazione una delle estremità del filo conduttore del galvanometro con un parafulmine, e facendo comunicare l'altra estremità col suolo, si vedono gli aghi deviare ora da un verso, ora dall'altro; il che dipende, da quel che abbiamo detto, che l'elettricità atmosferica passa facilmente dallo stato positivo al negativo. Tutti questi fatti dimostrano ad evidenza, che l'elettricità dipendente da qualsisia sorgente dà luogo agli stessi fenomeni magnetici.

210. *Magnetizzazione mediante correnti elettriche.* L'azione che esercita una corrente voltaica su i fluidi magnetici inegualmente distribuiti nelle calamite mobili, ha pure la proprietà di separare questi fluidi nei corpi sensibili al magnetismo; questo mezzo di magnetizzazione è stato studiato da molti fisici. Poco tempo dopo la scoperta del Signor OErstedt, il signor Davy osservò che si potevano calamitare gli aghi di acciajo situandoli perpendicolarmente alla direzione di una cor-

rente voltaica per un tempo brevissimo; e rovesciando poi la direzione della corrente si trovano gli aghi magnetizzati in senso opposto. Il signor Arago osservò che il filo conduttore di una corrente voltaica agisce sulla limatura di ferro al pari di una calamita, venendo questa attirata dal filo conduttore, e vi resta attaccata finchè la corrente elettrica percorre nel filo; di modo che quando la comunicazione tra i poli della pila è interrotta la limatura di ferro se ne distacca.

I signori Arago e Ampère immaginarono in seguito un apparecchio che produce sopra un pezzo di acciajo gli stessi effetti di una calamita, conformando a spira un filo metallico intorno ad un tubo di vetro, e situando nell'asse di questo tubo una bacchetta di acciajo leggiermente temperata, che occupa presso a poco tutta la lunghezza del tubo; questa bacchetta si magnetizza allorchè si fa percorrere una corrente elettrica lungo la spira; ed essa presenta due poli situati, come si può sperimentare, supponendo un osservatore coricato sopra un giro della spira e rivolto al pezzo di acciajo, allora il polo australe si avrà a sinistra della corrente ed il polo boreale a dritta; la scarica di una bottiglia di Leyde a traverso della spira è sufficiente per operare la magnetizzazione; se poi il filo metallico fa una spira in un senso, ed un'altra in senso opposto, indi una terza nello stesso senso della prima, e così di seguito; l'influenza della corrente, o della scarica elettrica determina nella bacchetta di acciajo tanti punti conseguenti per quanti sono i cambiamenti nel senso della spira. Questi poli intermediarii possono essere riconosciuti assoggettando

la bacchetta ne'diversi punti della sua lunghezza ad uno dei poli di un ago calamitato.

211. Il Signor Savary ha scoverto molti fatti relativi a questo modo di magnetizzazione: egli situò diversi piccoli aghi di acciajo in direzione perpendicolare, e a differenti distanze da un conduttore rettilineo, e fece attraversare questo da una scarica di una bottiglia di Leyde; osservò che non venivano magnetizzati allo stesso modo, trovando magnetizzati più quegli aghi situati a minor distanza, e in quelli posti a maggior distanza i poli si trovarono rovesciati, val quanto dire manifestarono poli contrarii a quelli posti in prossimità, quantunque rivolti dalla stessa parte; ed esaminando lo stato magnetico degli aghi posti a diverse distanze riconobbe fino a cinque alternative diverse, simili alla precedente; il che dipende da una moltitudine di circostanze, come la grossezza del diametro del conduttore, la sua lunghezza, l'intensità della carica elettrica ec. Il Signor Savary ha puranche osservato che si può ottenere una disposizione inversa nei poli di un ago calamitato, qualora esso è situato nell'asse di una lunga spira formata da un filo metallico, che si fa attraversare dalla corrente, frapponendo tra l'ago ed il tubo corpi non magnetizzabili, nella discarica si avranno risultati differenti; e qualora l'ago è circondato da un inviluppo di rame molto doppio non soffrirà magnetizzazione.

212. *Calamita temporanea.* Il ferro dolce essendo quasichè sfornito di forza coercitiva, perciò le correnti elettriche non trovano resistenza nel magnetizzarlo, e la magnetizzazione in esso non è limitata che dall'intensità della carica elettrica; perciò un pezzo di ferro

dolce assoggettato all'influenza di una corrente voltaica, che percorre attraverso di un filo metallico ricoverto di seta e conformato a spira, deve presentare tutte le proprietà di una calamita ; e se il pezzo di ferro ha la forma di un ferro di cavallo può sostenere pesi considerevoli fintanto che il filo conduttore che lo circonda è attraversato dalla corrente; ma appena questa cessa si annulla ogni segno di magnetizzazione.

213. *Correnti prodotte dall' influenza delle calamite.* Per comprovare maggiormente l'influenza scambievole tra l'elettricismo ed il magnetismo, il signor Faraday volle vedere se l'influenza di un corpo calamitato poteva produrre una corrente in un conduttore, ed il successo coronò le indagini di questo dotto fisico; la sua scoverta ha fornita la spiega de' fatti osservati da gran tempo; ed ecco ciò che maggiormente può riguardare la quistione. Se l'armatura di una energica calamita conformata a guisa di un ferro di cavallo s'inviluppa in una spira di un lungo filo metallico ricoverto di seta , che poi s'avvolge intorno al quadro di un galvanometro , e le estremità di questa spira sono saldate per formare un conduttore fermo , si osservano, nell'istante in cui l' armatura tocca la spira , e qualora se ne distacca due deviazioni in senso opposto nell'ago del moltiplicatore. La prima deviazione indica nel filo del galvanometro una corrente opposta a quella che produrrebbe nel ferro dell' armatura una polarità simile a quella dovuta all'influenza della calamita. Allorchè l'armatura resta in riposo l'ago si rimette nella sua posizione di zero di deviazione ; il che dinota che il filo non è attraversato da alcuna corrente.

Se una spranga calamitata s' introduce bruscamente nell'interno di una spira metallica, che comunica pe'suoi estremi con le estremità del filo di un moltiplicatore, l'ago del moltiplicatore è deviato, indicando sulla spira una corrente inversa; vale a dire opposta a quella che avrebbe potuto dare alla calamita la polarità che possiede; che se poi si ritira rapidamente la spranga, l'ago al contrário dà indizii di una corrente diretta. Inoltre se si spinge continuamente con un movimento uniforme nell'interno del tubo formato dalla spira, la deviazione cessa quando arriva nel mezzo del tubo, e cambia direzione quando va a uscise per l'altro estremo. In tutt'i casi se s' interrompe il movimento della spranga l' ago del moltiplicatore ritorna al zero di deviazione.

Non è indispensabile che la calamita penetri nel tubo della spira; ma basta che si avvicina o si allontana bruscamente da una delle estremità della spira per osservare una corrente, la quale è sempre inversa nel primo caso, e diretta nel secondo; ma le deviazioni nel galvanometro sono sempre deboli in questi casi. Che se poi si situa nella spira una spranga di ferro dolce, gli stessi movimenti della calàmita producono correnti molto più intense. Quest' accrescimento di effetto deve attribuirsi all' influenza del ferro dolce, e positivamente all' accrescimento o minorazione del suo stato magnetico. Del resto gli stessi fenomeni si osservano in qualunque modo si avvicina o si allontana la calamita dalla spranga circondata dalla spira, e qualunque sia la forma della calamita e del pezzo di ferro.

Da questi fatti si può dedurre, che se le correnti voltaiche sviluppano magnetismo, reciprocamente le cala-

mite producono correnti voltaiche; colla sola differenza rimarcabilissima, che la magnetizzazione mediante la corrente ha luogo allorchè il conduttore e il corpo influente sono in riposo relativo, ovvero la corrente conserva la stessa intensità; mentre che una calamita non può produrre una corrente se non quando essa è in movimento per rapporto al conduttore, o se il suo stato magnetico varia.

214. *Fenomeni elettrici prodotti da una calamita in movimento*. Trascurando tutto ciò che si è praticato da diversi fisici per avere le scintille pel ravvicinamento delle estremità di un filo conduttore ravvolto lungo l'armatura di una calamita conformata a guisa di un ferro di cavallo, ravvicinandone o allontanandone bruscamente le estremità. Non faremo che descrivere l'apparecchio costruito dai signori Pixii padre e figlio, il quale mediante una calamita può produrre una corrente, atta a manifestare tutt'i fenomeni cagionati dall'elettricità voltaica ordinaria. In quest'apparecchio (Fig. 94) una calamita artificiale ACDB conformata a ferro di cavallo, composta da diverse spranghe, si muove attorno di un asse verticale XY, e questo movimento viene operato da un conveniente meccanismo di leve e ruote dentate. Al di sopra della calamita si trova situato un pezzo di ferro dolce EGHF ugualmente conformato a ferro di cavallo, il quale è disposto in modo che le basi E ed F sono vicinissime alle astremità piane A e B della calamita, ma senza toccarla; allorchè quest'ultima nel suo movimento si trova direttamente al di sotto del ferro dolce. Un filo di rame ricoverto di seta, che ha le sue estremità in P e Q, si avvolge nello stesso verso intorno alle spran-

ghe verticali EG a HF del ferro dolce, formando un grandissimo numero di giri in ciascuna spranga. Mediante questa disposizione l'influenza della calamita sviluppa il magnetismo nel ferro dolce, ma il senso della calamitazione si trova rovesciato a ciascuna semirivoluzione. Lo stato magnetico dell'arco di ferro dolce varia successivamente, e si trova nella massima forza allorchè i poli della calamita passano immediatamente al di sotto delle sue estremità; questo stato decresce a proporzione che i poli si allontanano dalle estremità dell'arco; divien nulla se le linee menate per le estremità degli archi s'incrociano; e finalmente si accresce, cangiando di senso, allorchè proseguendo il movimento di rotazione, i poli della calamita si avvicinano rispettivamente alle estremità opposte a quelle che hanno abbandonato nel principio della semirivoluzione. A questo modo lo stato magnetico del ferro dolce oscilla costantemente fra due massimi, pe'quali la polarità è contraria. La corrente prodotta nel filo conduttore, per effetto di questo cangiamento continuato deve cangiare di senso in ciascuna semirivoluzione della calamita, o a ciascun passaggio dei suoi poli al di sotto dell'arco di ferro dolce.

L'esistenza della corrente elettrica nel filo conduttore, e i suoi rovesciamenti alternativi possono esser dimostrati nel modo seguente: Se si fanno comunicare le estremità P e Q del filo di rame con gli estremi del filo di un galvanometro, e mediante due impulsioni separate si fanno fare sussecutivamente alla calamita due semirivoluzioni nello stesso senso, si osserva durante la seconda impulsione una deviazione di direzione contra-

ria a quella osservata nell'atto della prima. La calamita essendo costantemente in movimento, se per un istante si toccano con le estremità del filo metallico i piatti di un elettrometro condensatore si trova questo apparecchio caricato di elettricità or positiva ed or negativa: il che dipende dal senso della corrente.

La maggior parte dei fenomeni dovuti al passaggio continuo dell'elettricità voltaica possono essere riprodotti per mezzo di quest'apparecchio; se imprimesi alla calamita un rapido movimento di rotazione tenendo in mano le due estremità P e Q, le quali si fanno strisciare tra loro le estremità nude, ovvero si avvicinano e si allontanano bruscamente, si osservano tra esse alcune piccole scintille elettriche; ed in questa circostanza si provano le commozioni prodotte dalla discarica elettrica che attraversa il filo conduttore, le quali si risentono nelle braccia dell'operatore nell'intervallo fra le due scintille. Si avranno poi commozioni anche più forti qualora si fan comunicare le estremità P e Q in due vasi che contengono liquido acidulato, ed immergendo negli stessi vasi le mani le quali mettono in comunicazione la corrente; e sarà meglio se le estremità P e Q sono attaccate a piastre metalliche che si fanno immergere nel liquido. Se le estremità P e Q del filo conduttore vengono messe in contatto con due fili di platino, situati verticalmente in uno stesso vase ripieno di acqua acidulata, e questi fili sormontati da due piccole campane ugualmente ripiene di acqua acidulata, subitochè la calamita si mette in movimento si osservano le bolle di gas che s'innalzano nelle due piccole campane, prodotte dalla scomposizione dell'acqua. Or siccome il

senso della corrente cambia in ciascuna semirivoluzione della calamita, perciò si hanno in ciascuna campana mischiato il gas idrogeno coll' ossigeno nelle proporzioni necessarie per riprodurre l'acqua. Per avere i gas separati si può usare un meccanismo escogitato da Pixii figlio, il quale consiste in un altaleno di legno che nelle estremità delle doppie leve ha quattro archi metallici, e che un eccentrico, posto in movimento dall'asse di rotazione, lo fa successivamente inclinare ora da un verso or dall'altro in ciascuna semirivoluzione (Fig. 95). Gli archi metallici toccano così successivamente le estremità differenti di due lamine di rame in croce isolate l' una dall' altra PP', QQ', e di due altre parallele RR', SS'. Acciò il contatto stabilisca una comunicazione più perfetta, tanto le estremità degli archi metallici, che i punti delle lamine di rame ove si esegue il contatto sono amalgamate. Alle quattro linguette sono rispettivamente attaccate, da una parte le estremità P e Q, e dall'altra le estremità libere dei fili che comunicano colle piccole campane dell' apparecchio ove si opera la scomposizione dell' acqua. Mediante questa disposizione le correnti conservano sempre lo stesso senso nei fili che vanno sotto le campane, quantunque nell'origine cangiano successivamente. Si osserva, in fatti, che mediante questo meccanismo, i gas provenienti dalla scomposizione dell'acqua sono separati.

215. *Fenomeni prodotti dal magnetismo in movimento su corpi insensibili al magnetismo.* Il Signor Arago ha scoverto un genere di azione scambievole tra le calamite e i corpi tenuti fino allora come insensibili al magnetismo, ciò che ora si dimostra per l'influenza di

una calamita mobile verso i conduttori vicini. L' origine di questa scoverta fu la seguente: esaminando il Signor Arago il movimento di un ago di bussola rinchiuso in un mortaretto di rame puro, fu sorpresso nel vedere che il numero delle oscillazioni, che eseguiva da una parte e dall'altra nel meridiano magnetico, non corrispondevano alla sua mobilità, che si era fatto di tutto perchè fosse grandissima; queste oscillazioni, quantunque sempre della stessa durata, pure decrescevano rapidamente di amplitudine, e l'ago ben presto mettevasi nello stato di riposo; e disponendo l' ago fuori del mortaretto di rame le oscillazioni erano così estese e così numerose, che vi bisognava molto tempo per mettersi in riposo. Per indagare la cagione di questa singolare resistenza alla durata del movimento il signor Arago fece oscillare successivamente un ago calamitato al di sopra di diversi dischi di rame puro, di differenti grossezze; osservò che l' amplitudine delle oscillazioni diminuiva più rapidamente a proporzione che il disco di rame era più grosso; ed avendo interposto tra il disco di rame e l'ago una pergamena o un foglio di carta, non ottenne alcuna novità. Molti fisici hanno verificato che questo fenomeno poteva esser prodotto da altre sostanze diverse dal rame. La diminuzione più o meno rapida dell'amplitudine nelle oscillazioni dell'ago calamitato, prodotta da dischi delle stesse dimensioni, ma di diverse sostanze, è servita a classificarle secondo l' ordine della loro energia in questo genere di azione; e si è dedotto che il rame ha la maggiore energia, e vengono d'appresso lo zinco e poi lo stagno.

Or siccome il rame non ha azione sensibile sull' ago

calamitato in riposo , si deve conchiudere che il movimento dell' ago sviluppa nel disco di rame una forza che minora l'amplitudine delle oscillazioni. Da ciò fu condotto il Signor Arago a pensare, che il movimento di un disco di rame sottoposto ad un ago calamitato in riposo poteva farlo deviare dalla posizione del meridiano magnetico , ed il fatto ha confermato questa sua idea : cosìcchè imprimendo un movimento di rotazione ad un disco di rame puro, posto al di sotto di un ago calamitato , tra quali fu situato una lastra di vetro , per non sospettare che la deviazione dell'ago fosse dovuta al movimento dell'aria, riconobbe che l' ago è deviato tanto più dal meridiano magnetico per quanto è più rapido il movimento di rotazione del disco. Aumentando progressivamente la rapidità di questo movimento, la deviazione dell'ago ben presto si fa di 90°; ed allora l'ago è obligato a prendere un movimento di rotazione nello stesso senso di quello del disco ; e cambiando il senso del movimento del disco di rame , l' ago è deviato e gira in un senso inverso del primo movimento ; se si distrugge la continuità del piatto di rame, praticandovi alcuni tratti di sega nella direzione dei raggi , l'effetto del suo movimento di rotazione sull'ago calamitato viene molto minorato; e se queste fenditure si riempiono di bismuto o di altro metallo l' azione ripiglia quasi la stessa energia, ed aumenta per poco allorchè le fenditure si riempiono di limatura di rame.

216. *Spiegazione dei fenomeni prodotti dal magnetismo in movimento.* Le scoverte del signor Faraday relative alle correnti prodotte dall' influenza delle calamite hanno somministrato le basi di una teorica fi-

sica isolata, alla quale si è dato il nome di magnetismo in movimento. Dopo i principii stabiliti precedentemente, allorchè i poli di una calamita cambiando di posizione relativamente ai differenti punti di una piastra metallica vicina debbono produrre alla superficie o nel suo interno le correnti voltaiche di diverso senso. Nelle parti che si discostano dai poli le correnti devono esser dirette, vale a dire in un senso tale da esser capaci di dare alla calamita la polarità che possiede, mentrechè le parti del conduttore che si avvicinano ai poli le correnti devono essere inverse. Tutte queste correnti una volta stabilite devono reagire su i poli della calamita dietro le leggi conosciute; ed in corrispondenza di ciò che si osserva, le azioni de' due generi di correnti si accordano per opporsi in parte al cangiamento delle distanze relative tra la calamita ed i differenti punti della piastra conduttrice, dal che ne viene una certa resistenza al movimento; il che dà ragione sì della diminuzione rapida delle oscillazioni di un ago calamitato che si trova in prossimità di una lamina conduttrice in riposo, come ancora della rotazione di un ago, prodotta dal movimento di un disco metallico.

Per analizzare l'effetto prodotto dalle reazioni delle correnti; sia EF (Fig. 96) un disco di rame che gira nel senso indicato dalla freccia; AB una spranga calamitata che si muove orizzontalmente su di una punta, posta ad una certa distanza al di sopra del disco; *mn* un elemento della corrente, in un punto del piatto che si allontana dal polo australe A; *pq* un altro elemento della corrente in un punto che si approssima allo stesso polo. La prima corrente *mn* essendo diretta, e la cor-

rente *pq* inversa, il polo A deve essere alla sinistra della prima, e a dritta della seconda; dal che segue che queste correnti tendono tutte e due dal centro alla circonferenza nel senso supposto del movimento del disco. L'azione dell'elemento *mn* sopra di A si riduce ad una forza applicata in questo polo perpendicolarmente al piano *mn*A, e diretto in tal modo che il polo A tende verso la sinistra della corrente *mn*; questa forza si eleva dunque al di sopra del piano *mn*A e s' inclina conseguentemente verso *mn*, in maniera che la sua componente orizzontale è diretta nel senso del movimento del disco. L' azione dell' elemento *pq* è ugualmente applicato in A perpendicolarmente al piano *pq*A, ed è diretto in tal maniera che il polo A tende verso la sinistra della corrente *pq*; cosicchè questa nuova forza si abbassa al di sotto del piano *pq*A, e s' inclina verso *mn*, in maniera che la componente orizzontale è ancora diretta nel senso del movimento. Dal che si può conchiudere che le azioni delle correnti dirette sono attrattive, e quelle delle correnti inverse repulsive; e siccome le prime correnti nascono dall'allontanamento del polo influente, e le seconde dal suo ravvicinamento, così ne risulta che nel movimento relativo della calamita, e del disco conduttore, le parti di questo disco, che si allontanano dai poli o da cui i poli si allontanano, tendono a trascinarli o a ritenerli; e le parti che si avvicinano ai poli, o a cui i poli si approssimano tendono a respingerli: adunque le reazioni delle correnti sulla calamita costituiscono una forza ritardatrice analoga allo strofinio o alla resistenza de' mezzi. Si potrà vedere facilmente mediante considerazioni simili alle precedenti, che le

correnti prodotte dall' influenza del polo boreale, e che devono tendere dalla circonferenza al centro nel movimento che abbiamo considerato, reagiscono per far girare la spranga calamitata nel medesimo senso che le azioni delle correnti dovute al polo australe; finalmente che la calamita seguirebbe ancora il movimnto del disco, se questo girerebbe in un senso contrario a quello che abbiamo considerato. Quest' analisi non ha altro scopo che d' indicare la cagione generale de' fenomeni del magnetismo in movimento.

217. Il Signor Faraday si è assicurato direttamente dell'esistenza delle correnti sopra un piatto di rame che faceva girare fra i poli di una energica calamita conformata a guisa di ferro di cavallo (Fig. 97). Sull' asse di rotazione del piatto, ch'era di metallo, avvolse leggiermente una delle estremità del filo di un galvanometro, e l'altra estremità amalgamata del medesimo filo la presentò in differenti punti del disco mobile, sì prima che dopo il passaggio per i poli della calamita. Osservò una deviazione nell'ago del moltiplicatore, che l'indicò una corrente su i raggi del disco diretta dal centro alla circonferenza o inversamente, secondo il diverso senso di rotazione; e che la corrente percorreva nel medesimo senso situando l'estremità amalgamata sul bordo del disco, prima o dopo il passaggio fra i poli. È facile marcare che la corrente, quantunque del medesimo senso su i raggi che si allontanano dalla calamita, e su que'che si avvicinano, pure è in questo mezzo diretta per le prime, ed inversa per le seconde relativamente alla polarità posseduta dalla calamita. L'apparecchio del signor Faraday differisce da quello del signor Arago, in ciò che nel pri-

mo il disco gira fra i poli; e nel secondo i due poli sono nella stessa faccia del disco. Per le teoriche stabilite precedentemente, nella sperienza del rignor Faraday, le influeuze dei due poli devono determinare sulle due facce opposte del disco le correti parallele andando tutte e due dal centro alla circonferenza, o inversamente, secondo il senso di rotazione. Nell' apparecchio del signor Arago le influenze dei poli cagionano le correnti opposte sulle due metà del disco ; vale a dire che se le correnti tendono verso il centro in vicinanza del polo australe , devono al contrario andare verso la circonferenza presso il polo boreale.

218. *Apparecchio elettrodinamico di Ampère.* Il signor Ampère, uel cercare la dimostrazione dell' influenza maguetica prodotta dalle correnti voltaiche , concepì una idea particolare sulla costituzione delle calamite ; e le sperienze che intraprese per verificare la sua ipotesi lo condussero alla scoverta di una nuova serie di fenomeni sull' azione scambievole delle correnti elettriche; e per mettere in chiaro questo genere di azioni immaginò l' apparecchio seguente , pel quale ebbe a sormontare non poche difficoltà. Il legno potendosi considerare non conduttore dell'elettricità a debole tensione sviluppata dalla pila , i conduttori metallici posti su di una tavola di legno devono considerarsi come isolati, di modo che si possono disporre su questa tavola senza tema che le correnti elettriche si allontanano dalla direzione che se gli assegna. Questa circostanza li è stata di gran soccorso nella costruzione del suo apparecchio ; ma aveva altre condizioni più difficili a soddisfare; dovendo rendere mobile una porzione del circolo voltaico,

per sottoporla all'azione o di un conduttore fisso, o di una calamita, o della terra. Dippiù siccome l'intensità delle correnti delle pile sono soggette a grandi variazioni, il che faceva conoscere il bisogno di moltiplicare le osservazioni e prenderne il risultato medio. Ad evitare questi inconvenienti il signor Arago immaginò di far passare la corrente proveniente dalla stessa pila per i conduttori fissi e mobili in cui volle dimostrare l'azione scambievole; a questo modo le difficoltà si limitarono a stabilire le comunicazioni convenienti.

La tavola sulla quale è montato l'apparecchio ha due colonne di rame ST, S'T' (Fig. 98), potendo servire una a trasportare la corrente al conduttore mobile, l'altra a rinviarla verso la tavola. Queste due colonne sono riunite da una asta di rame orizzontale recisa nel suo mezzo in due parti CT, CT', separate da un piccolo cilindro CC' di legno o di avorio, o di qualunque altra sostanza isolante; due coppe o vaschette a, e b di forma annulare sono sospese nella direzione della verticale nel mezzo del cilindro CC'. La coppa a sormonta una coppa metallica piena, mediante un'asta verticale da a fino a g, indi si bifurca in due braccia gie, $g'e'$, che sono terminate da due piccole coppe e, ed e'. Un cilindro cavo di metallo inviluppa l'asta ag, dalla quale n'è isolato mediante un tubo di vetro; questo cilindro cavo è terminato verso l'alto dalla coppa b, ed è saldato verso il basso a due braccia conduttrice ricurve hkf, $h'k'f'$ che finiscono in due coppe f, ed f'.

Le coppe e ed f' sono nella stessa linea verticale, come pure le altre due f ed e'; le coppe e ed f sono sullo stesso piano orizzontale, parimente che le altre due

e' ed f'. Due linguette di rame $l\,a$, ed $l'\,b$, stabiliscono le comunicazioni tra le braccia CT, C'T' e le coppe annulari a e b. Finalmente in tutte le vaschette vi è posto il mercurio.

Le aste ricurve $g\,i\,e$, ed $h'\,k'\,f'$ sono separate l'una dall'altra mediante sostanze isolanti; le braccia $g\,i'\,e'$, ed $h\,k\,f$ sono isolate allo stesso modo. In vece di S'T' vi è una colonna UV, situata nelle vicinanze di ST, riunita verso l'alto col cilindro di legno CC' mediante una bacchetta metallica orizzontale, dalla quale parte la linguetta $l'\,b$. Mercè questa disposizione le basi delle due colonne che ricevono e restituiscono alla tavola la corrente voltaica, si trovano vicine, e le altre comunicazioni metalliche dell'apparecchio sono più facili a stabilirsi.

Questi sostegni come sono descritti, permettono d'introdurre nel circolo voltaico una parte mobile; basta che il conduttore, che lo compone, qualunque ne sia la forma, venghi terminato da due punte E, ed F, (Fig. 99) situate sulla stessa verticale, e ad una distanza tale che la punta E essendo poggiata sul fondo della vaschetta e, la punta F sia semplicemente immersa nel mercurio della vaschetta f'. Bisogna ugualmente che il centro di gravità di questo conduttore mobile sia situato sulla linea EF prolungata, condizione che si può adempire sì facendo la forma del conduttore simmetrica a questa linea, come pure adattandoli un contrapeso conveniente. Deve aversi tutta l'attenzione di isolare tutte le parti di questo filo conduttore con l'ajuto di piccoli pezzi di legno o di avorio. A questo modo il conduttore sarà mobile intorno alla verticale che passa per la punta

E, e la punta F non serve che a ricevere e trasmettere la corrente al mercurio della vaschetta f'. È facile intendere che per mezzo di quest' apparecchio si giunge allo scopo proposto; perchè se la corrente s'innalza per la colonna ST, percorre successivamente l'asta orizzontale TC, la linguetta $l\,a$, l' asta $a\,g$, il braccio curvo $g\,i\,e$, e mediante la punta E passa nel conduttore mobile, e dopo aver percorso tutte le sinuosità uscirà per la punta F onde percorrere il braccio $f'\,k'\,h'$, il cilindro cavo $h'\,b$, la linguetta $b\,l'$, e discendere finalmente per la colonna VU.

Or un conduttore terminato da due punte che poggiano su i fondi delle coppette e, ed f, o e', ed f', si muoverà intorno alla linea orizzontale che passa per queste punte; e se le basi delle due colonne comunicano rispettivamente con i due poli di una pila, questo conduttore mobile farà parte del circolo voltaico, poichè le due capsolette nelle quali termina, una comunica con la linguetta la, l'altra con la linguetta $l'\,b$; che perciò questo conduttore mobile dovrà esser munito di un contrappeso tale, che il suo centro di gravità sia posto ad una piccola distanza al di sotto della linea che serve di asse di rotazione.

219. Qualora si vuol dare alla parte mobile un movimento di rotazione continuo non bisogna servirsi dello stesso genere di sostegni, ma bisogna darli un' altra disposizione. Così nel movimento di rotazione intorno di una verticale si può far uso di un apparecchio simile a quello impiegato nella prima esperienza di rotazione ideata dal signor Faraday; perciò s'impiega un'asta $a\,b$ rivestita da un tubo di vetro (Fig. 100) che traversa

la tavola , quest' asta che si può elevare più o meno, e fissarla ad un'altezza determinata per mezzo di una vite di pressione , è terminata alla parte superiore da una cavità, in questa cavità ripiena di mercurio s' immerge la punta dell'apparecchio mobile, che riceve o trasmette la corrente mediante una striscia di rame $s\ s'$, la quale preme contro di un conduttore fisso $c\ c'$ posto al di sotto della tavola, che comunica con la base U o S del sistema poc' anzi descritto. L' equipaggio mobile è terminato nel basso da una corona di rame , che resta sospesa in un liquido acido posto in un vase metallico circolare , la parete di questo vase comunica per uno de'suoi punti qualunque con la base S o U , per mezzo di linguette metalliche.

Per far attraversare la corrente pei conduttori fissi , e introdurla facilmente, interromperla, e cambiarne la direzione sì nel conduttore mobile, che nel conduttore fisso, vi è nella tavola dell'apparecchio principale un sistema di cavità e di canaletti ripieni di mercurio , che si fanno comnnicare mediante linguette metalliche e leve a bilico. Questo sistema è espresso nella (Fig. 101). I due canaletti N e P ricevono le estremità de' fili conduttori che comunicano con i poli di una pila; una delle cavità d o d' è posta in comunicazione col canaletto P mediante una linguetta metallica $l\ l$, o $l'\ l'$ della leva a bilico B, che deve essere situata al di sopra di $a\ d\ d''\ a'$ della tavola , e che si può fare inclinare a dritta o a sinistra, facendo girare il suo asse di legno.

Or supponiamo che la cavità d comunica col canaletto P. Il fluido positivo passera dal canale $d\ e$ nel canaletto semicircolare $e\ f$, di là s'innalzerà per un filo di

rame verticale piegato orizzontalmente nel meridiano magnetico, e scenderà per l'altro braccio verticale dello stesso filo nel canaletto $e' f'$. Un ago calamitato mobile, posto sotto della parte orizzontale di questo conduttore, indicherà colla sua deviazione l'esistenza la direzione e l'intensità della corrente. Dal canaletto semicircolare $e' f'$ il fluido positivo sarà condotto mediante una linguetta di rame ad una delle colonne ST dell'apparecchio destinato al conduttore mobile, e dopo aver percorso tutto il sistema di quest' apparecchio, uscirà per la base U della seconda colonna per essere trasportata mediante un' altra linguetta conduttrice alla cavità $d.'''$ Questa cavità comunica attualmente col canaletto QR mediante un arco metallico di una nuova leva a bilico, avendo lo stesso asse di legno come B, ed è situato al di sopra della parte $bd''' d'' b'$ della tavola. Una doppia leva a bilico simile nel sistema alle due precedenti, può mettere in comunicazione una delle cavità c'' o c''' col canaletto QR, e nel medesimo tempo una delle cavità c' o c col canaletto N. Noi supponiamo attualmente che questa doppia leva a bilico s'inclini verso la sinistra. Il fluido positivo trasmesso dalla cavità d''' al canaletto QR, è condotto nella cavità c'', da cui passerà in L, e mediante una lamina di rame percorrerà tutto il sistema di un conduttore fisso, e sarà ricondotto alla tavola nel punto K. Una lamina di rame lo condurrà alla cavità c' che comunica col canaletto N, ove s' immerge il polo negativo della pila. A questo modo il circolo voltaico si trova compiuto.

La cavità d' comunica con d''', e la cavità d con d'', mediante due linguette di rame in diagonale, separate

l'una dall' altra per mezzo di un corpo isolante. Mercè queste comunicazioni è facile intendere, che per rovesciare la direzione di una corrente nel conduttore mobile basta girare la leva a bilico BB verso la sinistra, di modo che essa metta in comunicazione d' con P, e d'' con QR; perchè il fluido positivo seguirà il cammino P d' d'' U......S f' e d d'' R, ch'è inverso di quello che seguiva precedentemente.

La cavità c''' comunica con c', e la cavità c'' con c, mediante due lamine di rame poste in croce e isolate tra loro. Mercè queste comunicazioni, volendo rovesciare la direzione della corrente nel conduttore fisso, basta girare la leva a bilico B'B' verso la dritta in modo che metta in comunicazione c''' con QR, e c con N. Perchè il fluido positivo arrivato nel canaletto QR, dopo aver seguito in un senso o nell' altro il conduttore mobile, percorrerà in seguito il cammino RQ c''' c' K.....Lc'' c N, inverso di quello che seguiva nella prima posizione della leva a bilico B'B'.

220. *Azione del globo e delle calamite su i conduttori mobili.* L'apparecchio generale ideato dal signor Ampère per dimostrare le attrazioni e le ripulsioni che esercitano tra loro i conduttori che vengono attraversati da correnti voltaiche può servire ancora per dimostrare la reaziona di una calamita fissa sopra un conduttore mobile, e produrre l'esperimento inverso de' primi fatti sull' elettro-magnetismo. Per operar ciò si usa un conduttore che ha la forma di un rettangolo reso mobile intorno alla verticale che passa per due capsolette soprapposte dell'appoggio generale, mediante due punte o assi disposti nel modo indicato nella (Fig. 102). Il si-

stema del conduttore fisso essendo inutile, facendosi comunicare direttamente il canale RQ con N mediante un arco metallico.

Si osserva inoltre che il conduttore mobile, allorchè è attraversato da una corrente, oscilla da una parte e dall'altra posizione di equilibrio nella quale poi si arresta, e questa posizione è tale che il piano del rettangolo si trova perpendicolare alla direzione dell'ago calamitato; allorchè il rettangolo ha acquistata questa posizione di equilibrio, la corrente percorre a traverso del suo lato inferiore da levante a ponente. Se si cambia la direzione della corrente per mezzo della leva a bilico BB, il rettangolo fa una semi-rivoluzione per fermarsi nello stesso piano, ma in una posizione inversa; in maniera che in tutt'i casi la corrente va da levante a ponente sul lato inferiore EO allorchè il conduttore mobile ha presa la sua posizione di equilibrio. Questa direzione fissa è determinata dall'influenza magnetica della terra.

Una calamita situata al di sotto di EO in una posizione perpendicolare al meridiano magnetico, fa deviare il rettangolo mobile dalla posizione di equilibrio che il globo terrestre tende a darli; il suo piano si avvicina di tanto più al piano perpendicolare all'asse della calamita, per quanto la corrente è più energica, e la calamita è più poderosa, ed è più vicina. Se si cambia la posizione dei poli della calamita, ovvero si rovescia il senso della corrente, la deviazione nel conduttore avviene in senso contrario. In tutt'i casi il polo australe si trova sempre a sinistra della corrente, dopo che è avvenuta la deviazione nel conduttore.

Si ottiene un conduttore mobile astatico, vale a dire

indifferente all'azione del globo, allorchè si compone di due rettangoli uguali, i cui lati inferiori sono attraversati dalla corrente in senso opposto (Fig. 103); perchè in tal caso il globo terrestre tendendo a dare a questi due rettangoli due posizioni opposte, l'effetto totale verrà distrutto. Di fatti si osserva che un conduttore di questa fatta resta indifferente in tutte le posizioni, allorchè viene introdotto nel circolo voltaico. Allora se si dispone una calamita fissa orizzontalmente al di sotto di EO in una direzione qualunque, il piano del conduttore mobile si situa perpendicolarmente all'asse della calamita, in modo che il polo australe trovasi posto alla sinistra della corrente che percorre in EO. Il rovesciamento dei poli, o della corrente, determina un cambiamento di posizione, cosicchè questa doppia condizione si trova sempre adempiuta.

Tutti questi fatti relativi all'azione della terra, o delle calamite su di un conduttore mobile, non fanno che verificare le conseguenze che si devono dedurre dalle scoverte di OErstedt; le quali possono essere prevedute, stabilendosi sul principio dell'uguaglianza necessaria fra la reazione e l'azione delle forze della natura, e dal perchè il globo agisce in tutt'i casi come una calamita. L'apparecchio precedente è stato usato fin ora per confermare le conchiusioni teoretiche; ma applicando quest'apparecchio all'azione scambievole delle correnti voltaiche il signor Ampère ha scoverti nuovi fenomeni che andremo ad esporne le leggi.

221. *Azione scambievole di due correnti rettilinee non parallele, e parallele.* Per istudiare la reciproca azione delle correnti, si prende un conduttore rettilineo

fisso, e propriamente una lamine di rame ricoverta di seta, che si avvolge intorno ad un quadro rettangolare, in modo che faccia dieci o dodici giri, pel quale si fa percorrere una corrente energica; le estremità di questa lamina s' immergono nelle cavità L e K della tavola; mediante questa disposizione si moltiplica l'energia della corrente nel lato superiore E'O' del rettangolo (Fig. 104). Superiormente si sospende al sostegno dei conduttori mobili un doppio rettangolo astatico, in maniera che il lato orizzontale EO sia molto vicino ad E'O', e faccia con questa linea un angolo qualunque; il tutto è disposto in modo che la verticale che passa per le punte del conduttore mobile sia nel piano del quadro, e s'è possibile in uno dei lati verticali del conduttore fisso. Allorchè la corrente voltaica è introdotta si osserva che il conduttore mobile gira, e si situa nel piano del conduttore fisso; cosicchè la corrente in EO sia parallela a quella in E'O' e diretta per lo stesso verso. Rovesciando in seguito la direzione della corrente nel conduttore fisso o nel conduttore mobile, per mezzo delle leve a bilico, il doppio rettangolo girerà per situarsi costantemente, onde corrispondere alla doppia condizione espressa di sopra. I risultati di queste esperienze sono racchiusi nella seguente legge generale; allorchè due correnti rettilinee fanno tra loro un certo angolo, sieno o no situate nel medesimo piano, esse si attirano qualora vanno tutte due ad approssimarsi o tutte due a discostarsi dal vertice dell' angolo, o più generalmente dalla linea che misura la loro più corta distanza; al contrario si repellono se una va approssimandosi e l' altra discostandosi dal vertice dell'angolo.

Per dimostrare l' azione scambievole di due correnti rettilinee parallele, si può far uso dello stesso conduttore fisso, e di un rettangolo che poggia colle sue punte sul fondo delle vaschette *e* ed *f*; esso è mobile intorno alla linea orizzontale che passa per queste punte, questo rettangolo ha il lato superiore di una sostanza isolante, e gli altri tre di sostanza metallica (Fig. 105); ed ha un contrappeso che ritiene in equilibrio il lato inferiore EO, ad una piccola distanza, sulla dritta o sulla sinistra di E'O'. Subitochè il circolo voltaico viene stabilito, si vede il rettangolo muoversi, ed il suo lato EO si avvicina o si allontana dal conduttore fisso E'O' che li è parallelo, secondochè la corrente che percorre in EO ed E'O' è nel medesimo senso o in sensi contrarii. Così due correnti rettilinee parallele si attirano allorchè hanno la stessa direzione, e si repellono qualora hanno direzioni opposte. Si può provare che queste attrazioni e repulsioni sono uguali qualora le correnti sono alla stessa distanza, servendosi di un conduttore mobile formato da un doppio filo, da costituire due conduttori simmetrici ed isolati tra loro, i quali sono percorsi dalle correnti in senso opposto; la parte rettilinea verticale di questi fili, sospesa in prossimità del conduttore fisso come nell' esperimento precedente, non sembra provare alcun' azione, restando indifferente in tutte le posizioni intorno al suo asse di rotazione.

222. *Azione dei conduttori sinuosi.* Le due leggi precedenti regolano le azioni scambievoli delle correnti rettilinee; or per conoscere quella tra due correnti di forma qualunque bisogna studiare l'influenza delle curvature dei fili conduttori, e l'esperimento seguente condu-

ce ad una conseguenza importante che semplifica questo studio. Si sostituisce al conduttore rettilineo fisso e verticale del paragrafo precedente un apparecchio che ha un conduttore rettilineo fisso e verticale E′O′, ed un conduttore sinuoso E″O″ (Fig. 106), in cui le sinuosità si allontanano per poco da una parallela ad E′O′; e si fa in modo che la corrente cammini nel medesimo senso in questi due conduttori. L'ultimo doppio rettangolo astatico che noi abbiamo considerato, s'introduce nel circolo in maniera che la corrente in EO abbia una direzione contraria a quelle delle correnti in E′O′, ed E″O″. Si osserva che il lato EO si dispone in equilibrio stabile fra i due conduttori fissi a distanze uguali da una parte e dall' altra; perciò bisogna conchiudere che l' azione repulsiva esercitata dal conduttore sinuoso è ugnale a quella del conduttore fisso rettilineo. Si può provare con altro sperimento, che un conduttore sinuoso che si allontano per poco in tutte le sue curvature da un conduttore rettilineo, agisce come questo, e può sostituirlo in tutte le circostanze. Di fatti se si presenta ad un conduttore fisso rettilineo e verticale, un conduttore mobile composto di un doppio filo, in cui le due parti isolate e ripiegate l' una sull'altra seguono la medesima direzione verticale, ma una in linea retta, e l'altra che li giri intorno, cosicchè la corrente li attraversa in due diversi sensi (Fig. 107). Si osserva che questo doppio conduttore mobile può restare indifferentemente in tutte le posizioni intorno all' asse di rotazione; il che dimostra che le due azioni esercitate dal conduttore fisso sulle due parti del filo mobile, le quali azioni una è attrattiva e l'altra è repulsiva sono uguali in valore as-

soluto, perchè esse si distruggono. Questi fatti relativi ai conduttori sinuosi provano che si può sostituire ad una piccola porzione di corrente di forma qualunque un poligono rettangolare che passa per i suoi estremi.

223. *Posizione di equilibrio di una corrente mobile.* Considerazioni semplicissime su i principii stabiliti precedentemente fanno prevedere tutte le circostanze che possono influire sul movimento che una corrente fissa rettilinea o circolare deve imprimere ad un'altra corrente mobile, allorchè si conoscono le posizioni dei conduttori che seguono queste correnti. Sia una corrente rettilinea AB orizzontale e indefinita nei due sensi: Fig. 108) vediamo quale è il risultato della sua azione su di una porzione di un'altra corrente CD supposta mobile, rettilinea, orizzontale, e divisa in due parti uguali da un piano verticale menato per AB. Consideriamo che due elementi a e b della corrente AB, presi ad uguali distanze da CD, esercitano sopra di un elemento m della corrente CD due azioni uguali in valore assoluto; ma una è attrattiva e l'altra è repulsiva; la loro risultante sarà dunque parallela ad AB, e diretta verso A secondo le direzioni delle correnti indicate sulla figura. Da questo risulta che l'azione totale di una corrente indefinita AB su CO metà della corrente CD, la quale è composta da azioni elementari tutte analoghe a quelle che abbiamo considerato, si ridurrà ad una forza parallela ad AB, e tendente a far muovere a poco a poco CO parallela a sè stessa da B verso A. Allo stesso modo si dimostra che l'azione di AB su di OD altra metà della stessa corrente CD devesi ridurre ad una forza parallela ad AB, e tendente a far muovere a poco a poco OD parallela a

sè stessa da A verso B. Per effetto di questa simmetria, queste due risultanti parallele agiranno insieme per far girare la corrente CD fino a che sia ridotta parallela ad AB e diretta nello stesso senso. E questo è appunto il movimento che si è osservato, allorchè nell'apparecchio del signor Ampère si è disposto un conduttore astatico e mobile, formato da due rettangoli soprapposti; il piano del conduttore mobile essendo perpendicolare a quello del conduttore fisso, si vede il suo lato orizzontale muoversi, ed arrestarsi nella posizione preveduta nel ragionamento precedente.

Se la corrente CD è verticale, è totalmente al di sopra del piano orizzontale che passa per AB, non si ha che una sola risultante parallela alla corrente fissa, la quale tende a trasportare CD parallela a sè stessa. Se dunque quest' ultima corrente è mobile intorno ad un asse verticale EF si deve situare nel piano che passa per quest' asse, ch' è parallelo ad AB (Fig. 109). Se la corrente fissa va da A a B, e la corrente mobile è discendente, CD si troverà nella sua posizione di equilibrio a sinistra di EF o verso A. Se la corrente CD è al contrario ascendente, si situerà a dritta di EF. Se si hanno due correnti verticali mobili situate in uno stesso piano, che passa per EF ad uguali distanze da quest'asse, l'una ascendente e l'altra discendente, esse concorrono a dare al loro piano una posizione fissa parallela ad AB. La terra che agisce su di una calamita orizzontale come una corrente rettilinea che va da levante a ponente, somministra un esempio del caso attuale, determinando il piano di un conduttore rettangolare mobile a situarsi perpendicolarmente al meridiano magne-

tico. Se quest'azione della terra o della corrente che la rappresenta trascina in una direzione perpendicolare al meridiano magnetico il piano di un conduttore circolare, mobile intorno di una verticale che passa pel suo centro, ciò avviene perchè ciascun elemento di questa corrente si decompone in due elementi uno verticale e l'altro orizzontale; le azioni della corrente terrestre su gli elementi orizzontali si distruggono; in modo che le azioni su gli elementi verticali concorrono per menare il piano del cerchio nella posizione indicata (Fig. 110).

224. *Nuova teoria del Magnetismo*. Questi fatti e molti altri consimili possono considerarsi come conseguenze della ipotesi immaginata dal signor Ampère sulla costituzione delle calamite, prima che questi fatti fossero stati conosciuti. Questa ipotesi in vece di supporre che il magnetismo sia dovuto alla separazione dei due fluidi, l'attribuisce a delle correnti elettriche che si muovono intorno alle particelle; queste correnti le suppone essere in tutt'i corpi sensibili al magnetismo; ammettendo, che in un corpo allo stato naturale le correnti si agirano in tutte le direzioni intorno ad una medesima particella.

L'effetto della calamitazione sarebbe quella di dare a tutte queste correnti le direzioni tendenti al parallelismo, ed in cui le azioni concordanti sulle correnti esteriori danno spiega delle attrazioni e ripulsioni magnetiche. Così l'influenza di una corrente voltaica energica, perpendicolare ad un ago di acciajo, potrebbe produrne la magnetizzazione, mediante le sue azioni attrattive e repulsive sulle correnti elettriche delle particelle. Un ago di acciajo così calamitato possederebbe una forza coer-

citiva che si opporrebbe, acciò le correnti parziali riprendessero la loro antica direzione, qualora la corrente influente sarebbe allontanata; ma nel ferro dolce non essendovi questa forza coercitiva, le correnti riprenderebbero le loro direzioni varie, qualora le azioni esteriori cessano, ed il ferro rientrerebbe nel suo stato naturale. L'influenza delle calamite per calamitare altri corpi sarebbe la stessa di quella delle correnti esteriori. In questa nuova maniera di ravvisare i fenomeni magnetici, la terra somministrerebbe le correnti elettriche; potendosi considerare, in generale, la sua azione influente in tutti gli sperimenti elettro-dinamici, se non come motore principale, almeno come atto a modificare i movimenti, o le posizioni di equilibrio determinate da altre cause; or queste correnti terrestri sarebbero quelle che diriggerebbero l'ago calamitato, e che produrrebbero nei minerali e negli oggetti di ferro tutt' i fenomeni della magnetizzazione in apparenza spontanei; le variazioni della declinazione e dell'inclinazione potrebbero dipendere da cangiamenti periodici di temperatura, ai quali corrisponderebbero le differenze d'intensità nelle correnti terrestre; l'aurora boreale avrebbe un'origine elettrica, e la sua influenza sull'ago calamitato dipenderebbe da azione elettrica.

Questa ipotesi, non deve riguardarsi, che come un mezzo di coordinare i fatti del magnetismo con quelli relativi all'azione scambievole delle calamite e delle correnti; ma la maggior parte delle scoverte fisiche alle quali ha dato luogo in questi ultimi tempi, li hanno data una maggiore importanza; talmentechè molti fisici la riguardano come la spiega reale dei fenomeni che es-

sa abbraccia; ed è servita di principio per cercare e stabilire nuovi fatti, che sarebbe stato difficile sospettarne l'esistenza altrimenti; ed ammettendo questa ipotesi somministrata dai primi esperimenti elettro-magnetici, il signor Ampère fu condotto a scovrire e studiare l'azione scambievole delle correnti voltaiche.

Ciò che vi è di reale in questa ipotesi consiste unicamente in un naturale legame tra i fenomeni numerosi del magnetismo e dell'elettricità: il che stabilisce l'identità, che si ravvisa sotto certe condizioni, tra le azioni delle calamite e quelle delle correnti voltaiche, facendo dipendere queste azioni dalla medesima causa. Al contrario quantunque questi nuovi fenomeni non sono causati in minima parte, nè possono ricevere spiegazione per mezzo dell'ipotesi dei due fluidi magnetici, il che ha fatto perdere tutta l'importanza a questa ipotesi; pure non si può negarli una semplicità, e sopra di ogni altro un rigore di definizione, che non ha niente di comune coll'idea delle correnti. Una corrente voltaica la cui esistenza è manifesta mediante l'azione che esercita sull'ago calamitato è uno stato di movimento della materia elettrica, ch'è impossibile di definirlo, e nemmeno di concepirlo; dappoichè bisogna immaginare che i fluidi elettrici positivo e negativo camminino in senso opposto l'uno dell'altro sulla stessa linea, senza neutralizzarsi nè mettersi in riposo; e che masse considerevoli di questi fluidi contrarii, sono così trasportate a grandi distanze per dar luogo ad effetti fisici e chimici! Questo è un misterò a cui le ricerche dei fisici hanno in mira di penetrare.

225. *Correnti per induzione.* Il Signor Ampère ha

provato coll' esperienza che gli effetti prodotti sull' ago calamitato mediante l'influenza di un disco di rame che fece muovere al di sotto di esso, erano ugualmente prodotti da questo stesso disco in movimento su di un conduttore mobile conformato a spira; ma quantunque questa somiglianza di azione fosse una nuova pruova in favore dell' ipotesi del signor Ampère, pure bisognava scovrire nuovi fenomeni per dimostrare tutt'i fatti relativi al magnetismo in movimento. Il Signor Faraday, adottando l'idea dell'origine elettrica nelle calamite, e cercando di farli produrre tutt'i fenomeni voltaici, immaginò di sperimentare se una corrente che percorreva per un conduttore, poteva o no far nascere per influenza una corrente analoga in un conduttore vicino; ed ecco i risultati ottenuti.

Dispose sopra un cilindro di legno due fili metallici di qualche centinajo di piedi di lunghezza, in modo da formare due spire parallele molto vicine tra loro, e bene isolate per l'interposizione di un tessuto di seta; fece comunicare gli estremi di uno di questi fili con i poli di una energica pila, e quelli dell'altro con le estremità del filo di un galvanometro; osservò una leggiera deviazione dell'ago calamitato nel momento che la corrente voltaica cominciò a percorrere il primo filo; in seguito l'ago si rimise al zero di deviazione, e vi stette finchè il circolo voltaico si tenne fermo; e quando interruppe la corrente osservò nell'ago una deviazione in senso inverso della prima. Il senso di queste deviazioni l'indicò nel filo del galvanometro una corrente, di direzione contraria alla corrente voltaica vicina qualora questa principiò ad agire, e di direzione simile nel momento

che cessò; e nel tempo che persistè la corrente il galvanometro non manifestò alcun effetto. Avendo sostituito al galvanometro una spira metallica avvolta sopra un tubo di vetro, nel quale situò un ago non calamitato, le correnti passeggiere che si manifestarono nel filo per influenza, negli istanti in cui la corrente voltaica principiò e finì nel primo filo, produssero la megnetizazione dell'ago posto nel tubo di vetro sì nell'istante in cui si stabilì la comunicazione con i poli della pila, che nell'atto che s'interruppe; avendo trovato magnetizzato l'ago, che ritirò prima dell'interruzione di questa comunicazione, e magnetizzato quello che introdusse dopo che la comunicazione fu stabilita, e che ritirò dopo averla interrotta: val quanto dire la magnetizzazione avvenne tanto nell'atto della comunicazione, quanto nell'atto dell'interruzione; soltanto la posizione dei poli nell'ago la trovò inversa nei due casi. Dippiù avendo situato l'ago nella spira dopo effettuata la comunicazione con i poli della pila, e ritiratolo prima che questa comunicazione si fosse interrotta, non ravvisò alcuna magnetizzazione. Questi fatti non fanno che convalidare i precedenti.

Allorchè due fili metallici bastantemente lunghi si dispongono a zigzag e paralleli su due tavolette di legno, situate in modo che si possono avvicinare o allontanare tra di loro; se le estremità di uno di questi fili comunicano con i poli di una pila, e le estremità dell'altro con quello del filo di un galvanometro, si osserva che nel ravvicinare i fili, l'ago del galvanometro è deviato in modo da indicare una corrente nel filo che l'è in comunicazione, contraria a quella che percorre nel filo

conduttore; quando si lasciano i fili alla stessa distanza l' ago ritorna al zero di deviazione; e finalmente se si allontanano si osserva una nuova deviazione nell' ago, inversa della prima; il che indica una corrente nel filo che comunica col galvanometro, della stessa direzione di quella che è nel filo che comunica colla pila. Perciò resta conchiuso che qualora una corrente voltaica comincia o cessa di percorrere in un conduttore, la sua influenza ha il potere di far nascere nei conduttori vicini le correnti passaggiere di direzioni o contrarie alla sua, o della medesima direzione; e se in un conduttore percorre una corrente voltaica, e se li avvicina o allontana un altro conduttore, esso fa nascere in quest'ultimo conduttore una corrente inversa o diretta. Il signor Faraday ha chiamate queste correnti passaggiere col nome di *correnti per induzioni*. Or questa legge generale essendo stabilita riesce facile spiegare le correnti prodotte dall' influenza delle calamite, riguardando il magnetismo come dovuto a correnti particolari; a questo modo la formazione delle correnti per induzione, l' influenza voltaica di una calamita mobile nelle vicinanze de' corpi conduttori e del ferro dolce, ed il magnetismo in movimento formano una sola teorica fisica legata all' elettro-dinamica ed al magnetismo propriamente detto, memediante l' ipotesi ingegnosa e feconda del signor Ampère. Le scoverte di Faraday dell'influenza magnetica si di una calamita in movimento, che del magnetismo terrestre nel produrre le correnti elettriche in un conduttore chiuso, hanno fatto nascere l'apparecchio di Clarke, e gli apparecchi per produrre correnti elettriche indotte dal magnetismo terrestre.

226. *Fenomeni termo-elettrici*, *e cagioni che li producono*. Oltre le cagioni precedenti atte a produrre le correnti elettriche, ve n'è una da noi menzionata precedentemente, che crediamo esporla con più dettaglio in questo luogo; sì per dar ragione de' suoi effetti in molti sperimenti, che per far conoscere molti apparecchi le cui applicazioni si moltiplicano ogni giorno; questa causa è la diversa maniera con cui si propaga il calorico nelle sostanze metalliche.

Il Signor Seebeck dimostrò che la semplice differenza di temperatura tra gli elementi di un circuito metallico bastava per produrre le correnti in questo circuito. Questi fenomeni che si sono distinti col nome di fenomeni *termo-elettrici* possono studiarsi facilmente mercè il galvanometro. L' apparecchio di cui si servì Seebeck consiste in un cilindro di antimonio o di bismuto B (Fig. 111) alle cui basi è saldata una lamina di rame SMS', che nella sua parte media M è inviluppata da una stoffa di seta, per potersi prendere senza scaricarne il fluido elettrico sviluppato. Allorchè tutto il circuito è alla medesima temperatura, non si ha nessun segno di elettricità; ma se si riscalda una delle saldature per esempio S, si osserva una corrente elettrica diretta in un senso, e si osserverà in senso opposto se si riscalda l' altra saldatura S'. Che se poi sono ridotte le due saldature alla stessa temperatura, non si ravvisa alcuna corrente, ma se in seguito si raffredda una più dell' altra la corrente si anima. Questo dimostra chiaramente che alla diversa temperatura delle saldature devesi attribuire la produzione delle correnti.

Il Signor Becquerel ha provato che i fenomeni termo-

elettrici dipendono da una inuguaglianza di movimento del calorico, nel traversare che fa le diverse parti del circuito. Poichè saldando tra loro le due estremità di un filo di platino formandone un circuito di un solo metallo, se si riscalda in uno de' suoi punti qualunque non si ha alcuna corrente; ma se si fa un nodo in qualche sito del filo, e si riscalda in prossimità di questo nodo, si osserva una corrente, che non può esser prodotta da altro, se non che da una differenza nella propagazione del calorico attraverso il filo lateralmente al punto riscaldato. Se il circuito è formato da due fili uno di ferro e l'altro di rame, saldati ai loro estremi in S ed R, e la saldatura S (Fig. 112) e le parti adjacenti vengono immerse in un bagno di mercurio, che ha una temperatura più elevata della saldatura R, si avrà una corrente la cui intensità varia con la differenza di queste temperature. Se si riscalda la saldatura S applicandó il fuoco ad un punto del circuito situato ad una piccola distanza, ma successivamente sulla parte ferro e sulla parte rame la corrente è nel medesimo senso e della stessa energia nei due casi, purchè la temperatura in S sia la stessa. Questi sperimenti provano che le correnti termo-elettriche dipendono unicamente dalle temperature prodotte alle stesse superficie di contatto tra i metalli; dappoichè si manifestano ugualmente nel gas idrogeno secco, perciò non possono esser prodotte da azione chimica esercitata dall' ossigeno o dai vapori acquosi dell' aria atmosferica.

Allorchè si saldano alle estremità del filo di un galvanometro una coppia anche saldata di due metalli differenti, e quest' ultima saldatura si porta a diverse tem-

perature, l'energia della corrente è in generale, fra certi limiti, proporzionale alla temperatura; ma per certi metalli saldati ed esposti ad elevate temperature la legge non ha lungo. Per esempio allorchè le lamine metalliche sono di ferro e rame, la legge di proporzionalità rimarrà, senza allontanarsene sensibilmente, fino a che la temperatura della saldatura non oltrepassa 140° centigradi; al di là l'energia della corrente a principio aumenta con minor rapidità della temperatura, ed in seguito diminuisce, talmentechè è appena sensibile a 300°; ad una temperatura alquanto più elevata non si manifesta più corrente, ed a temperatura anche più alta cambia di direzione.

Per riconoscere le intensità relative delle correnti elettriche prodotte da differenti coppie di metalli, allorchè si assoggettano le loro saldature ad una stessa temperatura, il signor Becquerel immaginò di saldare per i loro estremi alcuni fili di ugual diametro di tutt' i metalli che volle provare, riunì in seguito le estremità di questa catena con quelle del filo di un moltiplicatore; ed assoggettò successivamente ciascuna saldatura alla temperatura di 20°, mantenendo tutte le altre a 0°. Questa disposizione rendendo costante la conducibilità del circolo, rese comparabili le energie delle correnti ottenute; ed i risultati numerici somministrati da queste sperienze hanno fatto stabilire dal signor Becquerel la teorica seguente.

227. *Teorica termoeletrica.* Se un filo metallico è riscaldato ad una delle sue estremità si ha scomposizione del fluido naturale; le particelle che ricevono direttamente l'azione del fuoco si caricano di elettricità po-

sitiva e respingono l'elettricità negativa in tutt' i sensi; le particelle poste in seguito, che si riscaldano a spese delle prime s'impradroniscono dell'elettricità positiva e respingono l'elettricità negativa; in modo che si opera in tutta l'estensione del filo un seguito di decomposizioni e ricomposizioni del fluido naturale; talmentechè il fluido positivo successivamente ceduto da una molecola alla susseguente cammina dall'estremità calda all'estremità fredda, e il fluido negativo percorre una strada opposta. Qualora questo movimento dei fluidi elettrici si può continuare in un circolo compiuto, deve risultarne evidentemente una corrente somigliante a quella della pila, e diretta nello stesso senso della propagazione del calorico nel metallo; l'energia di questa corrente si chiama *potere termo-elettrico* del metallo assoggettato all'esperimento. Questo potere varia da un metallo in un altro, per la stessa differenza di temperatura; per uno stesso metallo essa aumenta col riscaldamento, ma non segue la stessa legge per tutt'i metalli; di modo che per due riscaldamenti molto lontani può succedere che le differenze nei poteri termo-elettrici de'due metalli avessero segni contrarii.

Qualora due metalli sono riscaldati nella loro saldatura o alla loro superficie di contatto, mentrechè le altre parti conservano una temperatura costante, e che così riuniti costituiscono un circolo metallico, in cui non concorra altra causa capace di sviluppare elettricità, il riscaldamento della saldatura mette in attività il potere termo-elettrico dei due metalli contigui, e perciò due correnti contrarie tendono a stabilirsi; e l'energia della corrente osservata non è che la differenza de' poteri ter-

mo-elettrici ; questa differenza potendo cambiare di segno col grado di riscaldamento , perciò la corrente osservata può cambiare ugualmente di direzione. In tutt' i casi la corrente traverserà il filo del galvanometro partendo dal metallo il di cui potere termo-elettrico è maggiore ; in modo che considerando la coppia dei due metalli come una pila , il metallo il di cui potere termo-elettrico è più debole rappresenterà il polo negativo, e l' altro il polo positivo.

228. *Diverso potere termo-elettrico de' metalli.* Se si formano con fili di differenti metalli saldati insieme dei circoli galvanometrici, riscaldando una saldatura a 20°, tenendo le altre a 0°, ed osservando le direzioni delle correnti , si deduce che i metalli vanno classificati per le loro proprietà termo-elettriche nell' ordine seguente, bismuto, platino, piombo, stagno, rame, oro, argento, zinco, ferro, ed antimonio; e ciascuno di questi metalli viene elettrizzato positivamente allorchè si trova unito con uno dei metalli che lo precedono , e negativamente qualora è saldato con uno dei metalli che lo seguono. Per esempio il ferro ed il rame riscaldati nella saldatura a 20° la corrente li traversa dal ferro al rame, come se il ferro fosse in contatto col polo positivo ed il rame col polo negativo di una pila. Dietro i principii teoretici del signor Becquerel , i corpi disposti nel modo indicato seguono l' ordine crescente nel loro potere termo-elettrico.

La catena dei metalli differenti assoggetta ha ripetuti sperimenti ha manifestato le differenze tra i poteri termo-elettrici di questi metalli , l' argento , l' oro , lo zinco , e il rame hanno presso a poco lo stesso potere

termo-elettrico, e quello del ferro è di poco maggiore; il sig. Becquerel avendo osservato che queste stesse relazioni esistono fra gli stessi metalli pel potere d'irraggiare il calorico, ha stabilita l'ipotesi dell'identità dei rapporti fra questi due generi di poteri, in modo che determinato il potere termo-elettrico di un solo, per esempio del ferro, si può dedurre quello degli altri conoscendosi la loro forza raggiante.

229. Le considerazioni precedenti bastano per mostrare che il principio teoretico stabilito dal sig. Becquerel spiega esattamente la diversità dei fenomeni termo-elettrici che si osservano nei circuiti metallici formati da più metalli. Questo principio suppone che una particella ponderabile riscaldandosi, con ricevere il calorico da una particella vicina, prende da questa l'elettricità positiva, e li trasmette l'elettricità negativa; una quantità di fatti sono in favore di questa ipotesi, tale è fra gli altri questo risultato costante; che due corpi della stessa natura ma a differenti temperature, strofinati o compressi l'uno contro l'altro, il più riscaldato si elettrizza negativamente ed il meno riscaldato positivamente: questi ed altri fatti anche più patenti danno una grande probabilità a questa supposizione. Daltronde si puo provare con una sperienza diretta che l'estremità libera di un filo metallico si carica di elettricità positiva allorchè si riscalda fortemente.

Un filo di platino posto in un tubo di vetro chiuso ad un estremo, e disposto in modo che la sua estremità scoverta comunichi col piatto inferiore di un elettrometro condensatore a pile secche, mediante un disco di carta umida, nell'atto che il piatto superiore comunica

col serbatojo comune; essendo l' estremità chiusa del tubo circondata da molte spire di un altro filo di platino che con l' altra sua estremità comunica col suolo. Se si riscalda fortemente le spire e la porzione del tubo di vetro che avvolgono, mediante una lampada a spirito di vino, si osserva che il piatto collettore si carica di elettricità positiva; il che avviene per la scomposizione del fluido naturale delle spire, il fluido negativo dispare nel suolo, ed il fluido positivo accumulato nelle spire, per l' azione costante del calorico, attraversa il tubo di vetro, reso conduttore per la temperatura acquistata, ed è trasmesso al piatto dal filo di platino interno. In questa sperienza si ha unicamente l'elettricità libera allo stato di tensione, che il calorico accumula nell' estremità calda del filo metallico, al pari delle forze elettromotrici della pila che accumulano i fluidi ai suoi due poli, allorchè non sono riuniti.

230. *Correnti termo-elettriche prodotte in un sol metallo.* Ma l' esperienza la più decisiva alla quale si possa assoggettare la teorica del potere termo-elettrico consiste nella spiegazione che deve dare delle correnti che si producono in un circuito formato da un solo metallo, allorchè una parte di questo trovandosi più riscaldato, non trasmette il suo calorico con uguale facilità nelle due direzioni; osservandosi costantemente che l' energia di una corrente termo-elettrica che tende a stabilirsi in un filo metallico va dalla parte calda alla parte fredda, e che la massa di fluido naturale decomposta e ricomposta fra le particelle è proporzionale alle intensità delle correnti calorifiche che traversano ciascuna sezione del filo, mettendo in gioco la sua conducibi-

lità interna; in modo che tutte le modificazioni che possono minorare l'intensità di questa corrente calorifica devono ugualmente apportare minorazione all'energia della corrente termo-elettrica. Per esempio se il calorico che si propaga nel filo si disperde in maggior quantità, sia per irraggiamento, sia per maggiore conducibilità esteriore, si trasmetterà in minor quantità da strati a strati, e conseguentemente la corrente termo-elettrica sarà più debole.

231. Un circuito galvanometrico composto di un solo metallo omogeneo, come il platino, allorchè si riscalda mediante una lampada a spirito di vino in uno de'suoi punti molto distante dalla saldatura, che riunisce i suoi estremi, non dà alcun indizio di corrente; dal perchè la parte riscaldata produce due correnti inverse di uguali intensità, propagandosi il calorico ugualmente nel filo a dritta e a sinistra del punto riscaldato; ed è come quando si riscalda la saldatura di due metalli differenti dotati dello stesso potere termoelettrico. Ma se si fanno col filo di platino omogeneo del circuito precedente molte spire vicinissime, senza interrompere la continuità di questo filo, e si applica la lampada a dritta o a sinistra di queste spire, si osserva una corrente che va dalla sorgente del calorico alle spire; il che avviene perchè le due correnti termo-elettriche opposte, che partono dai due lati della sorgente non hanno più la stessa intensità; dal perchè la corrente calorifica deve aumentarsi verso la spira dove una maggior massa di metallo si trova accumulata in un piccolo spazio.

Si può avere una corrente termo-elettrica con un circuito composto di un solo metallo il più omogeneo pos-

sibile, spezzando questo circuito e formando con gli estremi liberi due spirali, delle quali una si riscalda alla lampada, e di poi si poggia sull'altra rimasta fredda; si osserva una corrente che per la maggior parte dei metalli, come il platino, l'oro, l'argento va dalla spira calda alla spira fredda; ma per altri metalli compresi nella classe di quelli che sono facilmente ossidabili come il bismuto, il ferro, lo zinco, va dalla spira fredda alla calda. Se poi quest'esperienza si fa su di un filo di rame i di cui estremi non sono per niente ossidati non si ha corrente, il che dipende dalla gran conducibilità del rame pel calorico, in modo che questo si propaga uniformemente e facilmente, subitocchè le due estremità si mettono in contatto. Ma qualora l'estremità riscaldata è ricoverta di ossido, si osserva una corrente che va dalla spirale calda alla spirale fredda.

Dal fin qui detto si può stabilire questo principio generale ed è: che tutte le circostanze tendenti a modificare le leggi della propagazione del calorico in un filo metallico, come il cangiamento brusco nella sua natura, densità, elasticità, e composizione nei corpi eterogenei, o nelle fenditure interne ec., tendono a produrre differenze nelle intensità delle correnti termo-elettriche di direzioni opposte, dal che risulta una corrente osservabile. Per esempio allorchè si fa arroventire per un certo tempo una parte di un circuito formato da un filo di ferro, e dopo raffreddato si riscalda il filo in prossimità di questa parte, si osserva quasi sempre una corrente, che dipende dall'alterazione, in molte delle sue proprietà, che ha subìta quella porzione del filo riscaldata al rosso.

232. *Caratteri distintivi delle correnti termo-elettriche.* Le correnti termo-elettriche differiscono dalle correnti voltaiche e magneto-elettriche da che le prime sono con più difficoltà trasmesse a traverso i liquidi: di fatti una corrente termo-elettrica la più intensa agisce debolmente sul galvanometro allorchè si spezza il circuito, e le sue estremità libere, armate o non armate di lamine metalliche, si fanno immergere separatamente in uno stesso vase ripieno di acqua, non ostante che la conducibilità di questo liquido sia accresciuta mediante un acido o un sale; e qualora la distanza tra queste estremità o lamine metalliche è bastante, val quanto dire lo strato di liquido che li separa è di molta spessezza, non si ha indizio di corrente. Questa proprietà negativa dà il vantaggio di separare una corrente voltaica da una corrente termo-elettrica, allorchè percorrono un medesimo conduttore. Si dà generalmente il nome di *correnti idro-elettriche* a quelle che non sono arrestate dai liquidi.

233. *Termometri termo-elettrici.* L'azione del calorico produce una corrente di molta energia qualora agisce sopra un circuito composto di diversi metalli dotati di poteri termo-elettrici differentissimi. Il signor Pouillet ha formato un termometro termo-elettrico di una grande sensibilità, stabilito su questo principio; prendendo due lamine una di bismuto e l'altra di rame saldate per le loro estremità, e disposte in modo che il circuito che formano possa agire in molta vicinanza di un sistema di aghi calamitati; toccando con la mano una delle saldature, gli aghi soffrono grandi deviazioni. Il Signor Nobili ha immaginato altro termometro

termo-elettrico composto da molti elementi di due metalli differenti, alternativamente saldati gli uni agli altri; il poligono che essi formano e ripiegato in modo che tutte le saldature d'ordine dispari sono da un lato, e quelle di ordine pari dall'altro lato della massa totale, che ha la forma di un cilindro. Tutti gli elementi sono ricoverti lateralmente da una sostanza isolante, soltanto le saldature appariscono libere sulle basi del cilindro. Il tutto è circondato da un tubo di rame, che sostiene uno specchio parabolico; ed il poligono è interrotto per potersi chiudere il circuito mediante il filo di un galvanometro. Allorchè si gira l'asse dello specchio parabolico verso la sorgente del calorico raggiante, ancorchè debolissima, l'ago del galvanometro è deviato. Questo apparecchio è stabilito sulla proprietà dimostrata per la prima volta dai signori OErsted e Furier, ed è che qualora si riscaldano da due in due le saldature di un poligono chiuso, composto di elementi di due metalli differenti, alternativamente saldati tra loro, mantenendo le saldature intermedie ad una temperatura costante, la corrente multipla che ne risulta aumenta di energia col numero degli elementi, sebbene in una proporzione più debole di questo numero. Il signor Melloni ha perfezionata la pila termo-elettrica, e l'ha resa la più sensibile e la più esatta fra gli apparecchi che si possono adoperare per studiare le leggi del calorico raggiante; dippiù ha dato alcuni processi onde costruire una tavola di graduazione che dà il rapporto esistente tra la deviazione dell'ago e l'intensità della corrente termo-elettrica che l'ha prodotta.

234. *Nuova applicazione della pila termo-elettri-*

ca. Il signor Melloni ha applicato il suo apparecchio allo studio di una nuova classe di fenomeni, i quali indicano che il calorico raggiante si polarizza come la luce per la riflessione o per la refrazione, e pel suo passaggio attraverso le lamine cristallizate. La polarizzazione del calorico era stata annunziata dal signor Berard di Mompelier, poi comprovata dai signori Pawell, Melloni, e Nobili; e fu dimostrata in una maniera incontrastabile mediante le sperienze del signor Forbes di Edimburg. Ma le leggi di questa polarizzazione non potevano essere sviluppate se non facendo uso della pila termo-elettrica perfezionata dal signor Melloni.

Il mezzo il più naturale per comprovare la polarizzazione del calorico consiste nel fare attraversare dai raggi che partono da una sorgente calorifica due lamine di turmalina disposte in modo che i loro assi sieno susseguitivamente paralleli e perpendicolari, ed a paragonare le quantità di calorico da cui sono attraversate in queste due posizioni diverse; qualora di queste due quantità la seconda è minore della prima si deve conchiudere che il calorico prova in parte, pel suo passaggio a traverso di una delle turmaline, una modificazione analoga a quella che subisce la luce, e che rende più o meno facile la trasmissione nell' altra turmalina. Ma acciò questo processo sia al caso di dare risultati precisi e sensibili è necessario accrescere la quantità di calorico raggiante che deve attraversare le lamine cristallizzate, il che si ha mediante un particolare artifizio ideato dal signor Melloni; il quale consiste nell' interporre le due lamine di turmaline tra due lenti di sal-

gemma, situate ad una distanza tra loro corrispondente alla somma delle loro distanze focali (Fig. 113) ed eccone la descrizione: Uno specchio concavo AB riflette parallelamente i raggi calorifici di una fiaccola situata nel suo fuoco, questi raggi paralleli s' imbattono su di una delle due lenti CD che ha un' apertura di circa 10 centimetri, la quale rende convergenti i raggi; questi dopo la loro intersegazione nel suo fuoco cadono divergenti sul sistema delle turmaline E ed F, traversano in parte questo sistema e vanno a colpire sulla seconda lente MN di un' apertura di circa 4 centimetri, dalla quale vengono refratti in direzione parallela all'asse della pila termo-elettrica. Questo mezzo di concentrare i raggi del calorico raggiante è molto energico da poter far deviare l' ago del galvanometro di 60° ad 80°; ma si può minorare quest' effetto ravvicinando la piccola lente MN alle lamine di turmalina, il che rende più o meno divergenti i raggi che vanno verso la pila. Per cambiare facilmente la posizione relativa delle due lamine, sono queste adattate sul fondo di due tamburi soprapposti, de'quali uno è fisso e l'altro è mobile; certi segni fatti su' i loro bordi servono di guida per ridurre gli assi di cristallizzazione paralleleli o perpendicolari. Il vase formato da questi due tamburi è incastrato ad un'altezza conveniente in un'apertura circolare fatta sulla faccia anteriore di una cassa metallica che ricovre la pila, e questo inviluppo ha per oggetto di evitare le correnti di aria, e di allontanare qualunque azione calorifica estranea.

Il signor Melloni avendo operato su molte coppie di turmaline di diversi colori, le quali godevano la pro-

prietà di ammortire quasi compiutamente la luce la più intensa, qualora i loro assi di doppia refrazione erano perpendicolari; ed avendo assoggettata ciascuna coppia alla stessa influenza calorifica, e disposto i loro assi di cristallizzazione prima paralleli, e dopo perpendicolari tra loro; ha osservata una differenza nelle deviazioni prodotte dall'ago, dal che ha conchiuso che le due quantità di calorico refratte erano ineguali, e costantemente era maggiore qualora gli assi erano disposti paralleli tra loro; questa differenza espressa in centesimi della prima quantità, e ciò che il signor Melloni ha chiamato indice di polarizzazione della coppia di turmalina sperimentata, in rapporto al calorico che colpisce questa coppia. Il Signor Melloni variando e modificando questi sperimenti ha dedotto le conclusioni seguenti. I raggi calorifici di diversa specie, irraggiati sì da una stessa sorgente che da sorgenti differenti sono diversamente modificati nelle turmaline; per talune i segni di polarizzazione sono deboli, per altre sono paragonabili a quei che si hanno dalla luce. Certe coppie di turmaline verdi estinguono i raggi calorifici i più polarizzabili, e danno passaggio a quei per i quali i segni di polarizzazione sono appena sensibili; altre coppie di turmalina gialla si lasciano attraversare da una gran quantità di raggi della prima specie, offrendo un indice di polarizzazione sensibilissimo. Quest' indice di polarizzazione varia molto per una medesima coppia, qualora viene assoggettata a differenti sorgenti calorifiche.

Se nell' apparecchio descritto di sopra si tolgono le turmaline, e in posizioni determinate dietro la seconda lente si situano due colonnette di lamine sottilissime di

mica, di vetro colorito, di allume, o due boccette contenente acqua pura, o acqua in cui vi siano disciolti alcuni sali; come pure a traverso di un cristallo dotato di doppia refrazione si rimarcheranno nei raggi calorifici le stesse proprietà de' raggi luminosi. Questa identità costituisce una delle scoverte le più importanti della fisica moderna; ed essa si trova attaccata alla teorica dell' elettricità per la natura dell' apparecchio, che è il solo che l'ha potuto mettere in piena evidenza.

235. Il signor Becquerel si è servito di un termometro per paragonare le temperature, fatto da un circuito di due fili metallici diversi, più o meno lunghi, saldati insieme, avvolti in parte sul quadro di un galvanometro; le due porzioni esteriori dei due fili sono ricoverte da una sostanza isolante come gomma lacca, vetro, o porcellana, eccetto le saldature che rimangono libere; e a questo modo poter riunire i due fili parallelamente senza inconveniente. Così accomodato situò una delle saldature in un mezzo la cui temperatura era conosciuta, e l'altra nel punto che voleva esplorare, avendo pria graduato il galvanometro; la grandezza ed il senso della deviazione l'indicò la differenza di temperatura delle due saldature, e conseguentemente la temperatura che voleva esplorare. I due metalli in questo sperimento devono prescegliersi in modo, che le forze galvanometriche corrispondenti alle deviazioni dell' ago possono riguardarsi come proporzionali alle differenze di calorico che si è proposto di osservare. Così se si tratta di temperature basse si può impiegare il ferro ed il rame, i cui poteri termo-elettrici sono dissimilissimi, e sono quei metalli usati per istudiare le variazioni di tempe-

ratura nei differenti strati sì di una massa di acqua profonda, come han fatto i Signori Becquerel e Breschet sul lago di Ginevra, che dell'atmosfera come hanno fatto molti altri Fisici. Se poi si tratta di misurare alte temperature bisogna che i due fili abbiano un potere termo-elettrico quasi uguale, e si può impiegare il platino e il palladio come ha fatto lo stesso Becquerel volendo paragonare le temperature dei differenti punti di una fiamma, e quelle di un forno da porcellana.

Siccome l'esattezza dei risultati ottenuti mercè questo strumento dipende in gran parte dalla esattezza della sua graduazione, e dall' attenzione che si è avuta nella costruzione della tavola che dà le forze o le energie delle correnti termo-elettriche che producono le differenti deviazioni nell'ago del moltiplicato; perciò è opportuno esporre il proccsso indicato dal signor Becquerel per effettuare questa graduazione. Dopo aver scelti i metalli che convengano accoppiarsi, se ne compongono quattro circuiti simili, che si fanno circondare da una sostanza isolante, per porterli riunire in un fascio ed avvolgerli al quadro di un galvanometro; le parti di questi circuiti che sono al di fuori del quadro sono separate, e devono contenere tutte le saldature. Le due saldature di ciascun circuito, rinchiuse separatamente in tubi di vetri ricurvi, devono disporsi in modo che una di esse possa assoggettarsi in un vase che contenga ghiaccio fondente, e l' altro in un bagno di mercurio munito di un termometro, quale bagno si può riscaldare con una lucerna a spirito di vino postovi di sotto. Disposto così il tutto, si mette in attività un solo circuito, lasciando inerti ; o in una temperatura uniforme le parti degli

altri tre, questo produrrà una forza galvanometrica, che si fa rappresentare dall' unità, per una data temperatura del bagno. Se si rendono attivi due circuiti mediante la stessa differenza di temperatura, si avrà una forza doppia; finalmente si avrà una forza tripla, o quadrupla, se vi si assoggettano tre circuiti, o tutti quattro; or dunque le deviazioni osservate nel galvanometro corrisponderanno in questi quattro sperimenti a forze che saranno tra loro come i numeri 1, 2, 3, 4. Ripetendo queste sperienze elevando successivamente la temperatura del bagno, si potranno percorrere tutte le deviazioni comprese in un quadrante, e assegnarli i rapporti di energia delle correnti, che li producono.

Costruita la tavola, si potrà se si crede necessario, disfare l'apparecchio per rimontarlo con un solo circuito, che faccia lo stesso numero di giri sul quadro del galvanometro; le spire di questo circuito unico occupando sul quadro le stesse posizioni che quelle del fascio primitivo, i risultati delle osservazioni potranno essere facilmente espresse, per mezzo della tavola, in unità di forza galvanometrica; per tradurle in seguito in gradi di temperatura, basta determinare, mediante una sperienza diretta, la forza corrispondente ad una data differenza di temperatura delle due saldature, presa per unità.

236. *Alterazioni di temperatura prodotte da correnti voltaiche.* I fatti precedentemente esposti c' instruiscono del modo come avvengono le correnti elettriche in un circuito composto da più metalli, qualora le temperature delle saldature sono rese ineguali; i fatti susseguenti ci dimostrano che le correnti elettriche pro-

venienti da tutt'altra causa, attraversando lo stesso circuito producono differenze di temperatura nelle saldature del circuito dei metalli. Questi effetti inversi risultano da sperienze fatte dal signor Peltier su correnti voltaiche molto deboli, per non riscaldare i metalli attraversati al punto da rendere impossibile ogni processo di misura ; ed ecco la descrizione del suo apparecchio. Il signor Peltier misura le temperature delle diversi parti di un conduttore eterogeneo , riunendo i due poli di un semplice elemento voltaico , mediante un termometro termo-elettrico composto da due coppie bismuto e antimonio,riunite con due fili metallici che compiono totalmente un circuito galvanometrico. Queste coppie sono disposte tra loro, che le saldature sono ravvicinate in maniera da toccare appena la parte del conduttore interpolare che si vuole esplorare, potendosi riscaldare a spese del calorico prodotto in questo conduttore; e che il riscaldamento di queste due saldature occasionano le correnti termoelettriche concordanti nel circolo di cui esse fanno parte (Fig. 114). La deviazione dell' ago misura l' energia della corrente multipla , e per conseguenza la temperatura delle saldature, o della parte toccata dal conduttore ; le estremità libere delle due coppie, ed il resto del circuito sono alla temperatura del luogo , e secondochè l'ago è deviato in un senso o nell' altro , esso indica nel punto esplorato una elevazione o un abbassamento di temperatura. Il circuito di cui fa parte il conduttore eterogeneo assoggettato all' esperienza , comprende una lamina di rame in cui vi è un cerchio graduato che sormonta un ago calamitato , che serve a misurare l' energia della corrente voltaica.

Nell'esaminare l'elevazione di temperatura in un filo conduttore omogeneo attraversato da una debole corrente voltaica, il signor Peltier riconobbe che questa elevazione di temperatura è la stessa in tutta la lunghezza del filo, all'infuori di due o tre centimetri situati verso le estremità, ove è maggiore o minore secondo la natura dei legami o delle punte che ritengono il filo. L'intensità della corrente per un filo della stessa lunghezza cresce colla estensione della superficie immersa dell'elemento voltaico, e se s' impiegano fili di lunghezze differenti, si può riprodurre una corrente della stessa intensità immergendo più o meno l'elemento; or quando questa corrente d' intensità costante si è ottenuta, l'accrescimento di temperatura da essa prodotto nel filo resta lo stesso qualunque sia la sua lunghezza; dal che si deve conchiudere che quest' accrescimento dipende dalla quantità di elettricità che percorre nel circuito.

Ma i risultati più marcabili ottenuti dal signor Peltier, sono le ineguaglianze di temperature osservate dalle punte termo-elettriche alle saldature dei metalli differenti introdotti nel circuito voltaico. Per esporre questi risultati, si è convenuto chiamare *senso diretto* di una corrente termo-elettrica per rapporto ad una saldatura, se essa attraversa la saldatura passando dal metallo il cui potere termo-elettrico è lo più debole, al metallo il cui potere termo-elettrico è più forte; e *senso inverso* nel caso contrario. Ciò posto, il signor Peltier ha costantemente trovato che una saldatura di due metalli differenti acquista una temperatura sensibilmente più grande da una corrente inversa, che da una corrente diretta della stessa intensità della prima. In modo

che paragonata alla temperatura del luogo, quella della saldatura è sempre maggiore sotto la corrente inversa; ma sotto la corrente diretta essa è sovente più debole. Questo è ciò che ha luogo per le correnti poco intense, e qualora i metalli accoppiati hanno poteri termo-elettrici differentissimi: Per esempio una saldatura bismuto-antimonio, si riscalda allorchè la corrente è inversa, o che va dall'antimonio al bismuto; e si raffredda al contrario allorchè la corrente è diretta, o che va dal bismuto all'antimonio. Per eliminare ogni dubbio sulla realtà dell'abbassamento di temperatura marcato in quest' ultima circostanza, sostituì alle punte termoelettriche un termomentro ad aria; fece attraversare per la palla di questo la coppia bismuto e antimonio in modo che la saldatura cadeva nel mezzo di essa, suggellando le pareti degli orificii praticati nella palla con le spranghe metalliche, e facendo immergere il tubo capillare del termometro in un liquido colorato (Fig. 115). Avendo fatte attraversare le coppie da una corrente diretta, osservò il liquido elevarsi nel tubo, il che segnò il raffreddamento dell' aria interna, e conseguentemente quello della saldatura; osservò l'opposto allorchè fece attraversare le coppie da una corrente inversa.

Dalla legge generale, dedotta da fatti scoverti dal signor Peltier, si comprende che un circuito composto da molti metalli saldati per i loro estremi, venendo attraversato da una corrente voltaica, deve offrire temperature ineguali; riscaldandosi di più le saldature in cui la corrente è inversa, di quelle in cui la corrente è diretta; ed è a riflettersi che questa ineguaglianza di temperatura una volta stabilita, tende a produrre una cor-

rente termo-elettrica sempre opposta a quella che percorre forzatamente il circuito. Ma gli effetti di questa corrente contraria sono distrutti dal liquido ove s' immergono gli elementi voltaici, il quale si oppone alla libera circolazione delle correnti termo-elettriche.

CAPITOLO VI.

Elettricità chimica, e teorica elettro-chimica.

237. Per elettricità chimica s' intende l' elettricità sviluppata nelle azioni chimiche, come pure il potere che ha l'elettricità in movimento di produrre e distruggere le combinazioni. Le sue applicazioni divengono sempre più numerose, e la maggior parte de' suoi fenomeni dipendono dal diverso stato elettrico delle sostanze ponderabili.

Il principio generale che regola lo sviluppamento dell' elettricità nelle azioni chimiche, stabilito dal signor Becquerel, è il seguente: allorchè due corpi si combinano il fluido naturale è decomposto, quello che che fa l' uffizio di acido si carica di elettricità positiva, e quello che si comporta da alcali o da base prende l'elettricità negativa. Tra le diverse esperienze di Becquerel rapporteremo la seguente: adattò all' estremità di uno dei fili del moltiplicatore una tenaglietta di platino, guernita di una laminetta di oro avvolta di carta; ed all' estremità dell' altro filo un pezzo di platino; introdusse queste estremità così guernite in un bicchierino con dell' acido nitrico, e non osservò alcuna deviazione nell'ago del moltiplicatore, il che l' indicò la mancanza

di azione chimica; e lasciando così le cose, versò nel liquido una goccia di acido cloro-idrico in prossimità della laminetta di oro, osservò una deviazione nell'ago, ed il liquido si colorì in giallo per la produzione del cloruro di oro, il che li dimostrò che si era effettuata la combinazione; ed avendo in seguito sostituita una lamina di rame inviluppata in carta, alla laminetta di oro, la combinazione chimica si effettuì senza il concorso dell'acido cloro-idrico, osservandosi una deviazione immantinente nell'ago del moltiplicatore.

Lo stesso processo è applicabile a tutt'i metalli; ma si osservano talune volte alcune correnti variabili d'intensità ed anche di senso; il che dipende dal concorso di molte cause capaci di produrre correnti elettriche sensibili, più o meno concordanti tra loro. Di fatti allorchè un metallo viene attaccato da un liquido si ha 1.° sviluppo di calorico, 2.° azione tra il metallo ed il liquido, 3.° azione tra questo composto che ne risulta col metallo, 4.° finalmente azione tra questo stesso composto ed il liquido circostante; quattro cause differenti atte a produrre elettricità, che il più delle volte è impossibile isolarne gli effetti.

Si può dimostrare lo sviluppo di elettricità nell'azione scambievoli di due liquidi, facendo terminare i fili del moltiplicatore con due laminette di platino poste in due bicchierini, nei quali vi è posto acido nitrico, e queste due laminette riunite da un lucignuolo di cottone imbevuto di acqua; versando dolcemente nel mezzo del lucignuolo una goccia di ciascuno dei due liquidi, tra quali si vuole sperimentare lo sviluppo di elettricità nella loro azione; si osserva nell'atto del loro vicende-

vole contatto una corrente, il di cui senso indica gli stati elettrici dei due liquidi, nell'atto della loro combinazione. Se i due liquidi sono due soluzioni una di acido, e l'altra di alcali, il senso della corrente dimostra che l'acido si carica di elettricità positiva e l'alcali di elettricità negativa; l'acqua si carica di elettricità negativa qualora si unisce ad un acido, e di elettricità positiva quando discioglie un alcali. L'acido solforico è sempre positivo nell'unione con altro acido; l'acido nitrico è positivo coll'acido cloro-idrico, acetico, nitroso, ed è negativo con l'acido solforico e fosforico. Nell'azione scambievole di due dissoluzioni di sali neutri la più satura si carica di elettricità positiva; e qualora i sali disciolti sono acidi o alcalini queste soluzioni danno risultati in conformità degli acidi o degli alcali che vi si trovano in eccesso.

È necessario avvertire che bisogna assoggettare a preparazioni le lamine di platino impiegate come corpi conduttori in questi sperimenti, onde eliminare le sostanze straniere da questo metallo, capaci di produrre correnti secondarie; ad impedir queste basta immergere le lamine di platino nell'acido nitrico, di poi nell'acqua distillata, quindi farle arrossire al fuoco, e finalmente lasciarle per qualche tempo in contatto con i liquidi nei quali devono essere immersi (1).

(1) Il Signor Faraday ha data una nuova nomenclatura elettro-chimica; credendo improprie le denominazioni di poli assegnate sì alle estremità della pila, che alle lamine di platino impiegate per operare le decomposizioni, e perciò ha chiamate queste lamine *elettrodi* (cammino che segue l'elettricità); e perciò elettrode positivo la lamina per la quale si trasmette l'elettricità positiva in una soluzione, ed elettrode negative

238. L'intensità di una corrente prodotta da un'azione chimica non dipende unicamente dall' energia di quest'azione; dappoichè con acidi concentrati si hanno spesso effetti più deboli che con gli stessi acidi diluiti. Per la spiegazione di queste anomalie, bisogna supporre che i fluidi elettrici separati nell' atto della combinazione chimica si neutralizzano quasi compiutamente nel medesimo sito ove essa si opera; di modo che il filo del galvanometro dà libero passaggio soltanto a quelle deboli porzioni di questi dui fluidi che scappano alla ricomposizione immediata. Ammesso ciò la minore o maggiore conducibilità delle sostanze che compiono il circolo deve molto influire sull'intensità della corrente che li percorre. Il signor Delarive mediante questo principio ha data spiegazione di una quantità di fatti che sembrano in opposizione; avendo osservato che un cangiamento brusco del conduttore nel circuito diminuisce l' energia della corrente : se in una cassa ripiena di liquido che fa parte del circolo voltaico , si situi un tramezzo di platino o di altro metallo, che la corrente deve attraversare , il galvanometro indica che questa interposizione minora l' energia della corrente, quantunque la lamina di platino sia miglior conduttore del liquido; se vi s' interpone una seconda lamina, l'energia

l' altra; la prima l'ha chiamata *anode*, e la seconda *catodé*. I corpi scomposti nei loro elementi per l'azione della pila l' ha chiamati *elettroliti*, così l' acido cloro-idrico è un elettrolito perchè è scomposto dalla corrente elettrica in cloro ed idrogeno. Ha chiamato *anions* i corpi che vanno all' anode o polo positivo, e cassion quello che vanno alla catode o polo negativo. Fin ora dai fisici, di queste diverse denominazioni, non è stata abbracciata che quella di elettrodi.

della corrente si minora di più; dal che si deve conchiudere che l'elettricità prova difficoltà e perdita nel passaggio da un conduttore in un'altro, al pari del calorico e della luce. Quest' analogia diviene più manifesta, quando si osserva che la perdita fatta dalla corrente misurata dal galvanometro è minore nell' attraversare per la seconda lamina, che per la prima, minore per la terza che per la seconda; corrispondendo in questo l'elettricità al calorico raggiante che prova minor difficoltà nell' attraversare un mezzo, allorchè si trova aver percorso un mezzo della stessa natura.

239. Gli effetti elettrici che si osservano in un circuito nel quale si operano azioni chimiche, non potendo essere attribuiti al solo contatto dei metalli, bisogna perciò ammettere sviluppo di elettricità nelle azioni chimiche; e riguardando questo come la causa principale dei fenomeni della pila, l' equilibrio dei fluidi elettrici allo stato di tensione ai due poli della pila si spiega a questo modo. Per fissare le idee supponiamo una pila a vaschetta formata da coppie di lamine di rame e zinco, e gli spazi frapposti ripieni di acido solforico allungato con acqua. Vi saranno in questo apparecchio tante sorgenti di elettricità, quante sono le superficie piane di zinco capaci di essere attaccate dal liquido; di modo che in ciascuno dei piccoli vani l' azione chimica dell'acido solforico sullo zinco, che forma una delle sue pareti, da luogo a sviluppo di elettricità positiva verso il liquido, e di elettricità negativa verso lo zinco; l' elettricità positiva, condotta a traverso del liquido e per la parete rame, anderà a ricomporre il fluido naturale con l' elettricità negativa raccolta sullo zinco della coppia

susseguente ; come pure l' elettricità negativa condotta pel zinco ed il rame anderà a ricomporre il fluido naturale, col fluido positivo del liquido posto nel vano susseguente ; e non vi sarà che l' elettricità positiva riunita nel liquido posto nell'ultimo vano ad una delle estremità della pila, e l' elettricità negativa raccolta sull' ultima coppia posta all' altra estremità , le quali non si possono ricomporre immediatamente con fluidi contrarii vicini. Questi fluidi si accumulano ai poli per la continuazione dell'azione chimica, ed acquisteranno tensioni di più in più maggiori, finchè arriva un momento in cui queste tensioni , e le attrazioni che queste masse di fluidi contrarii eserciteranno l'una sull'altra, saranno bastanti a vincere tutte le resistenze che la pila oppone al loro passaggio ed alla loro combinazione; da questo momento le tensioni estreme conserveranno intensità costanti, e le novelle quantità di fluidi contrarii, progressivamente sviluppate dalle azioni chimiche, si combineranno, o successivamente a ciascuna parete, o nell' attraversare una certa estensione della pila.

Si comprende facilmente che i vani e gli elementi estremi non saranno i soli che dovranno manifestare l' elettricità libera , allorchè le tensioni avranno acquistato il loro limite stazionario; e la tensione elettrica in ciascuno di questi elementi dovrà esser minore a proporzione che questo trovasi più discosto da uno dei poli della pila. Qualora la pila è isolata ciascuna delle sue metà sarà elettrizzata della stessa natura del polo da cui è terminata, e vi sarà una tensione decrescente dal polo al mezzo della pila. Qualora uno dei poli è in comunicazione col suolo , la pila sarà carica di fluido libe-

ro accumulato nel polo opposto, dal quale tende a scappare nel suolo, il quale avrà una intensità decrescente da un polo all'altro.

Qualora si accresce il numero degli elementi di una pila, si aumentano gli ostacoli che i fluidi accumulati devono sormontare per ricombinarsi, e le tensioni estreme giungono più tardi al loro limite stazionario, e perciò divengono più intense; ma non bisogna dimenticare che le masse fluide della pila provengono da decomposizioni chimiche operate nei diversi elementi, e raccolte nei vani estremi, le quali sono giunte in questi dopo aver attraversati tutt'i tramezzi, e perciò sono più adatte a vincere nuovi ostacoli per mettersi in movimento (238); si comprenderà facilmente che le tensioni ai poli della pila devono aumentare in una proporzione minore del numero degli elementi. Perciò le tensioni ai poli di una pila devono crescere a proporzione che le resistenze al movimento dell'elettricità sono più potenti e più numerose; l'insieme di queste resistenze è ciò che chiamasi conducibilità interna della pila. Il tempo che uno dei poli della pila impiega a caricare il condensatore, come pure il tempo che una pila impiega a caricarsi deve dipendere sì dalla conducibilità interna della pila, che dall'attività dell'azione chimica, e dall'estensione di quest'azione.

Queste prime conseguenze della teorica elettro-chimica bastano per far vedere che essa si accorda con i fatti: se a queste si uniscono tutte le considerazioni esposte precedentemente (n.° 176 e seg.) si avrà un'idea la più esatta che si può della natura di questo apparecchio nello stato delle conoscenze attuali.

Allorchè i due poli di una pila sono riuniti da un conduttore omogeneo o eterogeneo, l'accumulazione dei due fluidi allo stato di tensione non ha più luogo; dappoichè il fluido positivo sviluppato nel liquido dell'ultimo spazio posto all'estremità della pila, percorre pel conduttore interpolare, per neutralizzare il fluido negativo respinto sulla coppia metallica all'altra estremità. Se il conduttore interpolare è eterogeneo, vale a dire è formato, per esempio, da un metallo e da una soluzione salina, gli ostacoli che offre al passaggio dell'elettricità devono determinare differenze di tensioni dei fluidi su i due lati di ciascun ostacolo; e queste differenze dan luogo ai fenomeni chimici. Comunque sia la cosa, il potere che possede l'apparecchio voltaico nel produrre le scomposizioni, ci dimostra che se le azioni chimiche sviluppano elettricità; reciprocamente l'elettricità in movimento può separare gli elementi di un composto. In questa separazione succede sempre che la sostanza che fa l'ufficio di acido è attirato dal polo positivo con la corrente negativa, e l'altra dal polo negativo con la corrente positiva; questo risultato costante si spiega ammettendo che nell'atto della scomposizione l'acido si carica di elettricità negativa, e l'alcali o la base di elettricità positiva, e per questa ragione il primo componente è detto elettro-negativo, ed il secondo elettro positivo; dal che siamo indotti a riconoscere nell'atto di una scomposizione chimica una ripartizione del fluido naturale inversa di quella che si manifesta nell'atto di una combinazione. Lo studio dei fenomeni chimici della pila facendo parte essenziale di un corso di chimica, dobbiamo aggiungere ai fatti già

descritti della scomposizione nell'acqua (n.° 178) molti altri fatti generali che possono indicare le circostanze che favoriscono l'efficacia dell'apparecchio voltaico nella sua applicazione la più importante.

240. Per scomporre un sale solubile, bisogna discioglierlo nell' acqua, facendo immergere in questa soluzione le estremità di due fili metallici che comunicano con gli altri estremi con i poli di una pila; allora l'acido del sale viene attirato dal polo positivo, e la base dal polo negativo. Qualora la pila è molto energica e l'acido o la base sono facilmente decomponibili il fenomeno può essere più complicato; così quando la base è un ossido metallico succede spesso che l'acido e l'ossigeno sono attirati al polo positivo, e che il metallo ridotto appare al polo negativo; finalmente siccome la decomposizione del sale è accompagnata da quella dell' acqua, se il filo metallico che comunica col polo positivo della pila è facilmente ossidabile si ossida e si combina con l' acido formando un nuovo sale. In generale se s' impiegano diversi vasi ripieni di differenti soluzioni le quali si fanno comunicare tra loro mediante lucignuoli di amianto bagnati, e che i fili metallici che comunicano con i poli di una pila in attività si fanno immergere nei vasi estremi, il risultato finale sarà che tutti gli acidi si troveranno riuniti nel vase in cui comunica il filo metallico che cerrisponde al polo positivo, e le basi in quello ove s' immerge il filo che comunica col polo negativo. Questo risultato si può rendere apparente mescolando alle soluzioni saline i colori vegetabili capaci di essere alterati dagli acidi e dagli alcali, come la tintura o lo sciroppo di viole che viene arrossito da-

gli acidi ed inverdito dagli alcali, il color rosso si manifesta nel vase che comunica col polo positivo, ed il verde in quello che comunica col polo negativo; questi colori cangiano di sito allorchè si rovesciano i poli. Qualora tra le soluzioni che si assoggettano all' azione della pila nell' esperimento di sopra descritto ve ne sia una la cui base sia al caso di formare un sale insolubile con un acido di un altro sale che deve attraversare, questo sale si forma e si precipita; ma se la pila è molto energica l' acido può attraversare la soluzione con tanta rapidità da non produrre precipitato; parimenti in simili circostanze un acido può attraversare una tintura vegetabile senza cambiare il suo colorito. I sali insolubili sono con difficoltà decomposti dalla pila perchè sono cattivi conduttori dell' elettricità.

Mediante la pila Dawy ha scomposti gli alcali e le terre, questi ossidi metallici hanno dato l' ossigeno al polo positivo ed il metallo al polo negativo. Il modo come operare questa scomposizione è il seguente: si prende un pezzo di potassa o di soda caustica s' incava nel mezzo da conformarlo ad una vaschetta, che si situa su di una piastra di platino, la quale si fa comunicare col polo positivo della pila, nell' incavo vi si mette del mercurio, nel quale si fa immergere un filo metallico che comunica col polo negativo, l' ossigeno essendo attirato dal polo positivo si sviluppa, e il potassio attirato dal polo negativo si unisce al mercurio costituendo un' amalgama, dalla quale si separa il mercurio per mezzo della distillazione riempiendo il vase distillatorio di petrolio. Se alla capsola di potassa si sostituisce una capsola d' idro-clorato di ammoniaca situata nelle stesse

posizioni, si vede aumentare patentemente il volume del mercurio fino ad occupare otto o dieci volte il volume primitivo, e sospendendo la comunicazione si vede decrescere a poco a poco il volume finchè il mercurio riprende il volume primitivo, producendosi un amalgama di ammonio, che si decompone spontaneamente.

241. La costruzione della pila deve soddisfare a certe condizioni per esser più propria ad operare queste scomposizioni; un piccolo numero di coppie produce un' azione debolissima, e quest' azione esercitandosi sopra sostanze la cui conducibilità è imperfetta non apporta nessun effetto; perciò è necessario aumentare la tensione e conseguentemente il numero degli elementi per vincere la resistenza che queste sostanze oppongono al movimento de' fluidi elettrici, movimento che pare indispensabile alla produzione de' fenomeni chimici della pila; la grandezza di questi elementi v' influisce ancora, ma molto meno del numero; il che dimostra che la tensione più che la quantità di elettricità favoriscono questi fenomeni. I signori Gay-Lussac e Thenard hanno sperimentato che l' attività elettro-chimica di una pila aumenta nel rapporto delle radici cubiche del numero delle coppie di lastre che la compongono. Pei liquidi interposti tra gli elementi della pila, le soluzioni saline danno una tensione maggiore dei liquidi più conduttori, dal che pare che devono essere preferite; tra queste il sale di cucina disciolto nell' aceto agisce più energicamente, e si adopera di frequente; gli effetti di queste soluzioni non sono proporzionali alla loro concentrazione, e tali differenze danno diversi risultati; ma i fenomeni di decomposizione chimica sono più energici

a proporzione che i liquidi agiscono maggiormente su i metalli, talmentechè gli acidi accrescono quest' energia; però se si usa un acido molto concentrato questo vantaggio dispare, perciò vi è un grado di conducibilità che non bisogna oltrepassare.

I signori Gay-Lussac e Thenard riconobbero che in un dato tempo una pila elettrica adoperata per la scomposizione dell' acqua, diede 87 misure di gas essendo attivata con un acido, e ne fornì 12 soltanto qualora si attivò mediante una soluzione salina nell' acqua; ma avendo adoperato per dissolvente del sale un acido ne produsse 187 misure. Il signor Berzelius ha osservato che l' azione della pila è tanto più energica per quanto più sottile è lo strato liquido interposto tra i due metalli eterogenei.

La forma della pila la più vantaggiosa per questo è la pila a vaschette; e ciò deve dipendere da quel che abbiamo detto precedentemente: ed è che l' elettricità dopo aver attraversato un numero di lamine metalliche diviene più atta ad attraversare le sostanze poco conduttrici. Il signor Delarive ha osservato un' altra legge importante nel passaggio dell' elettricità per una stessa lunghezza di conduttore eterogeneo composto di metalli e di liquidi, come una pila a vaschette, questo è che se il liquido interpolare attacca il disco di metallo il passaggio dell' elettricità è più facile e la corrente è più intensa; e di fatti il platino che non è attaccato dagli acidi presenta maggior difficoltà al passaggio dell' elettricità che gli altri metalli che ne sono attaccati.

442. Il signor Dawy ha fatta un' applicazione dei fenomeni di decomposizione della pila, alla preserva-

zione delle fodere di rame de' bastimenti. I bastimenti si foderano di rame in tutta la parte esteriore che va immersa nell' acqua, sì per preservare il legno dalle incrostazioni di testacei e di piante marine che vi si attaccano, che per rendere più levigata la superficie immersa onde minorare la resistenza nel movimento, ma l' azione distruttrice dell' acqua del mare riduce dopo un certo tempo il rame in ossido. Per prevenire questa ossidazione, il signor Dawy ha immaginato d'interporre in due o tre siti della fodera di rame delle piastre di zinco o di ferro; di modo che il rame che è in maggior quantità formando il polo negativo di una pila deve rimanere inattaccato. Or la proporzione dello zinco, necessaria per produrre l'effetto desiderato, non è stata ancora ben determinata dall' esperienza; stante che il più delle volte questa sostanza preservatrice, essendo di soverchio si forma sul rame una incrostazione di carbonato di calce, di soda, di magnesia, e di conchiglie, che è di ostacolo al movimento del bastimento. È da sperarsi che determinate le proporzioni dei due metalli si allontana quest' inconveniente, onde l' invenzione del dotto inglese dia tutt' i vantaggi desiderabili. Per maggior dettaglio su di ciò si possono leggere le memorie di H. Dawy nelle Transazioni filosofiche del 1825.

243. Il signor Becquerel per operare lentamente alcune combinazioni versò in un vase di vetro prima una soluzione di nitrato di rame, e sopra di essa dell' acido nitrico allungato, in modo che queste soluzioni si soprapposero senza mescolarsi; introdusse tra i due liquidi una lamina di rame ed osservò dopo un certo tempo un deposito di rame verso l' estremità inferiore della

lamina e nella parte superiore una porzionè di questa lamina corrosa ; il che deve attribuirsi all' elettricità sviluppata per l'azione dell'acido nitrico sul rame, considerando il circuito elettrico formato dalla lamina conduttrice con i due liquidi, e che l'elettricità positiva va dall'acido al nitrato; per la qual cosa nella lamina può esser considerato il polo positivo in alto ed il negativo in basso. Questa piccola pila decompone il nitrato di rame, l'acido e l' ossigeno della base si portono verso la parte superiore o verso il polo positivo , e il metallo puro si manifesta sotto forma cristallina nella parte inferiore o al polo negativo. In generale se si mettono due soluzioni differenti in due vasi, le quali si fanno comunicare mediante un corpo che difficilmente è penetrato dalle soluzioni, come un cordone di asbesto bagnato; le soluzioni attraverseranno il corpo e nel luogo ove s'incontrano ha luogo un'azione chimica lentissima tra le due soluzioni , e se si chiude il circuito elettrico mettendo tra queste due soluzioni un filo metallico la debole corrente prodotta da quest' azione potrà dar luogo lentamente a decomposizioni e combinazioni, producendosi cristalli molto ben conformati. Il signor Becquerel usando certe soluzioni una di sal marino l' altra di un sal di rame , e per conduttòre un filo di rame ottenne cristalli ben conformati di cloruro doppio di rame e di sodio ; e cambiando in modo opportuno le soluzioni saline ottenne cristalli di calce carbonata , di solfato di barite, simili in piccolo a quei che si rincontrano in natura , e che non si erano pututi ottenere artificialmente con altri mezzi, attesa la loro insolubilità.

244. Il signor Dawy ha determinato le leggi ed i rap-

porti delle facoltà conduttrici dell' elettricità nei metalli per mezzo di una pila di Wollaston, composta da molti elementi, caricata con un liquido leggiermente acido, onde farli conservare per lungo tempo presso a poco la stessa forza. Quest' apparecchio essendo impiegato alla scomposizione dell' acqua o di qualunque altro composto chimico si può facilmente far variare il numero de' suoi elementi, unendo i suoi poli mediante un filo metallico di lunghezza e di diametro conosciuto, la discarica operandosi in parte attraverso di questo filo, la decomposizione chimica si minora, e minorando successivamente il numero degli elementi della pila si giunge ad un punto in cui la decomposizione chimica cessa totalmente. Dawy ammettendo che la facoltà conduttrice del filo metallico adoparato è tanto maggiore a proporzione che la pila che discarica contiene un maggior numero di elemeti, ha trovato con tal mezzo non solo che la conducibilità di uno stesso metallo è proporzionale alla sezione del filo ed è in ragione inversa della sua lunghezza, ma ha ottenuti i rapporti numerici seguenti fra le conducibilità di differenti metalli impiegati in fili della stessa lunghezza e dello stesso diametro: cioè argento 600, rame 550, oro 400, piombo 380, stagno 109, platino 100, ferro 82.

Il signor Becquerel dopo la scoverta del galvanometro l' impiegò per paragonare le conducibilità dei metalli, e con questo nuovo mezzo trovò vera la legge stabilita da Dawy relativamente alle variazioni di lunghezza e di diametro dei fili metallici; ma per la conducibilità dei diversi metalli ottenne i risultati seguenti: rame 609, oro 571, argento 447, zinco 174, sta-

gno 104, platino 100, ferro 95, piombo 50, mercurio 21, potassio 8; i quali differiscono da quelli ottenuti da Dawy. Differenze anche più grandi si osservano con le tavole stabilite da fisici mediante processi particolari, dal che si deve conchiudere ch'è impossibile determinare in un modo assoluto i rapporti delle facoltà conduttrici dei metalli per l'elettricità; ed è probabilissimo che questa varia con la natura della sorgente elettrica, con l'energia della corrente, e da altre circostanze particolari che concorrono in ciascun apparecchio usato per determinarla.

245. Il signor Delarive ha di recente determinata una proprietà nuova dei fili nel trasmettere le correnti elettriche, le quali sembrano indicare che queste correnti sono prodotte da sistemi di onde analoghe alle onde sonore o luminose; l'apparecchio di cui si servì è stabilito su gli stessi principii di quello del signor Pixi (n.° 214); ma i fatti esposti dal signor Delarive non sono ancora di tanto da far ammettere l'esistenza delle onde elettriche. Questo stesso fisico ha scoverto che i fili o le lamine metalliche che fanno parte di un circuito voltaico col quale si sono eseguite scomposizioni chimiche, acquistano in queste circostanze proprietà elettriche particolari: due fili di platino essendo immersi in una soluzione salina e posti in comunicazione per qualche tempo con i due poli di una pila; se interrompendo questa comunicazione si fanno comunicare i fili immersi con le estremità del filo di un galvanometro, marcherà questo una corrente inversa di quella che percorreva nel circuito voltaico; la durata di questa corrente secondaria dipende dall'energia dell'azione chi-

mica che l'ha preceduta, e la sua intensità dalla continuazione maggiore o minore dell' azione voltaica. La facoltà di produrre correnti secondarie è ciò che chiamasi *polarità elettrica*, ed appartiene alle parti immerse dei fili; dappoichè se queste si recidono le porzioni dei fili non bagnate, non avendo in contatto altro corpo eterogeneo restano inerti; di più un filo di platino, che fa parte di un conduttore interpolare tutto di metallo, non acquista la polarità elettrica; producendosi questa polarità soltanto allorchè vi è un liquido capace di essere decomposto, che fa parte del circuito.

Un effetto simile si ha dalle pile secondarie scoverte da Rihter; queste pile che sono formate da dischi di un solo metallo si alternano con dischi di cartone, bagnato da un liquido conduttore, questa colonna è incapace da se sola di produrre alcun effetto; ma se si fanno comunicare per qualche tempo i suoi estremi con i poli di una pila in attività, acquista dietro ciò la polarità elettrica; vale a dire che disgiunta dal circolo voltaico è capace di produrre gli stessi effetti della pila con la quale era in comunicazione, ma con minore intensità, ed in un modo inverso; producendosi in essa correnti in una direzione contraria a quella della corrente voltaica primitiva.

246. La facoltà che possiede l' elettricità in movimento di operare scomposizioni chimiche ha fatto ammettere che gli atomi dei corpi posseggono proprietà elettriche permanenti; supponendo che gli elementi che fanno l' uffizio di acido nelle combinazioni, o che sono attirati dal polo positivo nelle scomposizioni con la pila*, sono costantemente elettrizzati negativamen-

te, e che gli elementi che sono attirati dal polo negativo sono permanentemente nello stato positivo, perciò sono stati chiamati conduttori unipolari. Per dimostrare lo sviluppo dell' elettricità nelle combinazioni, e fissare la legge che le regola, bisogna ammettere col signor Ampere, che una molecola elettro-negativa è necessariamente circondata da un' atmosfera di elettricità positiva, e che una molecola elettro-positiva ha un' atmosfera di elettricità negativa; le quali atmosfere elettriche risultano dalla scomposizione del fluido naturale ambiente operata dall' elettricità propria alle molecole. Nella combinazione di due elementi le loro atmosfere elettriche si neutralizzano, e le loro elettricità proprie si mantengono nello stato latente; cosicchè nell' azione chimica di un acido su di una base l' acido deve caricarsi di elettricità positiva, e la base di elettricità negativa, provenienti dalle atmosfere rese libere dalla combinazione. Da questa spiegazione risulta che tutte le azioni chimiche sono accompagnate dalla neutralizzazione di masse fluide contrarie, e a questa formazione di fluido naturale devesi, secondo Dawy, la manifestazione del calorico, e talune volte della luce nell'atto che la combinazione ha luogo.

Questa teorica per altro ammette uno stato elettrico positivo o negativo costante in ciascun atomo: posto ciò, come si può dar ragione che taluni corpi in certe combinazioni fanno l' uffizio di acidi, ed in altre quello di base? Questa difficoltà non può essere eliminata secondo Dumas, senza adottare l' ipotesi di un solo fluido elettrico, che agisce per ripulsione sopra lui stesso e per attrazione su tutte le materie ponderabili; am-

mettendo che gli atomi elettro-positivi sono costantemente elettrizzati in più, e che gli atomi ordinariamente elettro-negativi sono costantemente elettrizzati in meno; ma questa quantità in più o in meno è varia nei diversi corpi, ed è da considerarsi nello stato di rapporto tra i diversi corpi. Talmentecchè se due corpi elettro-positivi si combinano, ciò avviene perchè l' eccesso di fluido in uno di essi è minore dell'eccesso che si rattrova nell' altro, e perciò il primo è come in uno stato negativo per rapporto al secondo; parimente se due atomi elettro-negativi si combinano, in uno di essi manca minor fluido che nell' altro, e perciò il primo può considerarsi in uno stato positivo per rapporto all' altro. Il signor Dumas mediante considerazioni analoghe dà ragione di molte altre anomalie che ci presenta la chimica, e che non se ne potrebbe dar ragione colla teorica dei due fluidi, riguardando le combinazioni chimiche come prodotte da cagioni elettriche.

247. Distribuendo i corpi in ordine alle loro disposizioni elettriche, componesi un sistema elettro-chimico; in questo sistema siccome l'ossigeno è lo più elettro-negativo fra tutt'i corpi, ed è perciò il solo in cui i rapporti elettrici sono invariabili. I corpi distribuiti nell' ordine seguente si succedono relativamente alle loro proprietà elettro-chimiche in modo, che sono elettro-positivi riguardo a quelli che li precedono, ed elettro-negativi riguardo a quelli che li seguono: Ossigeno, solfo, azoto, fluore, cloro, bromo, jodo, selenio, fosforo, arsenico, cromo, molibdeno, tunsteno, boro, carbonio, antimonio, telluro, tantalo, titano, silicio, idrogeno, vanadio, oro, osmio, irridio,

*

platino, rodio, palladio, mercurio, argento, rame, urano, bismuto, stagno, piombo, cadmio, cobalto, nichelio, ferro, zinco, manganese, cerio, torio, zirconio, alluminio, ittrio, glicio, magnesio, calcio, stronzio, bario, litio, sodio, potassio. Tale è in circa l'ordine che seguono i corpi semplici, e benchè i diversi gradi di ossidazione di alcuni corpi presentano alcune eccezioni, l' ordine degli ossidi si accorda con quello dei corpi combustibili; di modo che i gradi di ossidazione dei diversi radicali, che sono dotati di affinità più forti, stanno tra loro come gli stessi radicali.

Quantunque sia ragionevole il pensare che le proprietà elettro-chimiche dei corpi, le une rispetto alle altre, dovessero seguire il rapporto delle loro affinità per l'ossigeno, e che la serie di queste affinità nello stesso tempo dovesse seguire il loro ordine elettrico, pure nel fatto non è così; dappoichè il solfo il fosforo il carbonio quantunque corpi molto elettro-negativi, pure assorbono l' ossigeno da alcuni corpi che sono più elettropositivi; ciò avviene allo stesso modo che nelle affinità di cui la intensità può variare per diverse circostanze capaci di modificare lo stato elettrico de' corpi come la diversa temperatura ec.; così ad una certa temperatura il potassio assorbe l' ossigeno dal gas ossido di carbone, ad altra temperatura il carbone decompone il protossido di potassio; il mercurio assoggettato a temperatura molto prossima all' ebollizione si combina all' ossigeno, e ad una temperatura di poco più elevata si disossida.

L' ammettere che nei diversi corpi sviluppasi uno stato elettrico o positivo o negativo, il che non è reale, ma è uno stato di rapporto con altri corpi, ci conferma

nell' idea che ogni azione chimica risulta da causa elettrica. Allorchè la combinazione AB viene decomposta dal corpo C che ha una maggiore affinità per A di quello che ha B; ciò è perchè A e C sono in uno stato elettrico più opposto di quello che sono A e B. Un corpo che può combinarsi con altri ora come elettropositivo, ed ora come elettronegativo può esser separato dalla prima combinazione da corpi più elettropositivi, e dalla seconda da corpi più elettronegativi; così il solfo è elettropositivo nell' acido solforico e ne può esser separato da corpi più elettropositivi; ma nel solfuro di piombo, in cui il solfo fa da elemento elettronegativo, può esserne separato da corpi più elettronegativi. Allorchè su 1000 atomi di nitrato di potassa disciolti nell'acqua si versano 1000 atomi di acido solforico, avendo l'acido solforico maggiore affinità colla potassa dell' acido nitrico, questo vien separato dalla combinazione colla potassa e ne risultano per conseguenza 1000 atomi di solfato di potassa e 1000 di acido nitrico, che vi restano in contatto, e quantunque la sua polarità elettrochimica viene vinta da una polarità più forte, pure non resta totalmente distrutta; di modo che la sua azione diminuisce a proporzione che l' energia dell' acido più forte è maggiore, cosicchè l' acido nitrico respinge colla sua polarità elettronegativa una parte dell' acido solforico ugualmente elettronegativo; finchè si stabilisce uno stato di equilibrio tra le due affinità, una parte dell' acido nitrico rimane combinata con un certo numero di atomi di potassa, e l' acido solforico si combina coi rimanenti atomi di potassa. Da ciò ne avviene che gli atomi di potassa vengono ripartiti nel rapporto dei gradi

di affinità rispettiva, vale a dire della loro diversa intensità di polarità elettrochimica, e del numero de loro atomi rispettivi; dappoichè se si aggiungono alcuni atomi di acido nitrico questi si combinano ad atomi di potassa allontanando un corrispondente numero di atomi di acido solforico, sempre però minori del numero di atomi di acido nitrico aggiunti. Questi fatti manifestatici per la prima volta dal celebre Berthollet lungi dall' opporsi al sistema generale delle chimiche proporzioni ne sono necessarie conseguenze (1).

Dei pesci elettrici.

248. Alcuni pesci hanno la facoltà di produrre effetti analoghi a quei delle scariche elettriche. I pesci che ne fanno più mostra sono il *Ginnoto* ovvero l'*Anguilla del Surinam*, e la *Torpedine*; essi sono forniti di un organo formato da cellule disposte alla stessa maniera delle lamine metalliche di una pila, che si considera come la sorgente della potenza elettrica di questi animali.

Gli effetti dei pesci elettrici sono manifesti, e ciascuno ha potuto, o può osservarli nella torpedine (*tremmolella*), ch'è facile aversi tra noi; pel ginnoto faremo conoscere i saggi praticati dal signor de Humboldt, nel suo soggiorno nelle Indie; avendo fatto mettere i cavalli

(1) L'elettrico come agente meccanica è stato utilmente impiegato nelle macchine di Paterson, di Taylor nei telegrafi elettrici, ed in altre, e la discarica istantanea di piccolo apparecchio nell'accensione delle mine sottomarine e sotterra. Le teoriche elettrochimiche hanno ricevuti applicazioni importan-

selvaggi in un ruscello che conteneva molti di questi pesci, i quali venendo alla superficie delle acque si avvicinavano al ventre dei cavalli, facendoli il più delle volte soccumbere a cagione della violenza de' colpi invisibili che l'apportavano. Il signor de Humboldt così s'esprime. « Se per azzardo si riceve un colpo, pria che il pesce sia offeso o stango, il dolore e lo stordimento sono » così violenti, che non è possibile pronunziare sulla natura del sentimento che si prova. Io non mi ricordo » di aver giammai ricevuto, per la scarica di una grande » bottiglia di Leyde, una commozione più orribile di » quella che risentii situando imprudentemente i miei » piedi su di un *ginnoto* ritirato allora dall' acqua, e » restai incomodato nel resto del giorno da un vivo dolore nelle ginocchia, e in quasi tutte le giunture. » La sensazione che cagiona una debole commozione di un ginnoto è sembrata al signor de Humboldt analoga a quel tremore nervoso, che si ha per l'applicazione di una doppia lamina di zinco e di rame su di una piaga fatta alle spalle colle cantaridi. Si è marcato da diversi osservatori una certa differenza tra gli effetti prodotti dai pesci elettrici e quei della pila, o di una bottiglia di Leyde debolmente caricata; il che non si oppone all' identità tra l' elettricità e l' azione galvanica dei pe-

tissime nell' operare la decomposizione di corpi che prima i mezzi chimici non giunsero; nella galvanoplastica, nell' indoratura, argentatura, e platinatura con i mezzi elettrici; non che nella separazione dei metalli dai minerali metalliferi, riducendoli in lamine o in altra forma a piacere; di queste importanti applicazioni chimiche ci occuparemo dettagliatamente nella parte chimica.

sci; ma piuttosto che gli effetti sono diversamente modificati dalla disposizione degli apparecchi elettrici, dall' intensità del fluido, dalla rapidità della corrente, e da un modo di azione particolare. Di quest' azione elettrica il pesce ne dispone a sua volontà, e la dirige verso quel punto nel quale si crede maggiormente irritato.

249. Il P°. Santi Linari delle scuole Pie Professore di Fisica dell' I. e R. Università di Siena è stato il primo a far conoscere, mediante opportuni apparecchi da lui ideati (dietro quei già notissimi in Italia, fino dal 1833 ritrovati dai fisici Nobili, dal Negro, e Magrini, coi quali insegnavasi a trarre dalle correnti galvaniche la scintilla elettrica d' induzione da condensatori elettrodinamici secondo il primo, e dalle calamite temporanee secondo gli altri due) il modo come ottenere detta scintilla dalle cerrenti elettriche per le scariche del così detto pesce torpedine. L'apparecchio che usò era composto da due eliche ovvero fili metallici conformati a spira, e da tre quadrati moltiplicatori elettrici, disposti nello stesso piano verticale; le lunghezze dei fili sì delle spire che dei tre quadrati moltiplicatori sommavano 596 metri e 45 millimetri; da una parte e dall' altra le estremità di questi fili erano riuniti formando una grossezza corrispondente alla grossezza comulata dei cinque fili, dando luogo a questo modo ad una grande selenoide. Con tale apparecchio il dotto fisico partì da Siena pel porto di Talomone, e nel dì 27 marzo 1836 diè incominciamento ai primi sperimenti; avendo armati le estremità de' reofori con due forchette di argento di primo titolo, munite nel manico da un tubo di vetro

isolante, onde poter eccitare la torpedine situata a tal uopo sopra di un isolatore. I primi suoi sperimenti furono diretti a conoscere, per mezzo del galvanometro, la direzione e l'intensità della corrente, e da principio restò sorpreso avendo osservato nell'ago una deviazione di soli 12°, del che ne attribuì la cagione al non aver poste le estremità dei reofori in contatto immediato, e contemporaneamente con i punti opposti dell'organo elettrico del pesce; e per assicurarsi di questo, assoggettò a sperimento altra torpedine più vigorosa e di grandezza maggiore della precedente: di fatti in più volte ottenne, mediante il suffregamento colle punte de' reofori, delle replicate scintille, che si mostrarono con tutta vivacità, non ostante che la stanza fosse vivamente illuminata dalla luce del giorno; ed osservò in seguito nell' ago del galvanometro non una sola evoluzione ma molte, e che dopo diversi sperimenti sullo stesso pesce, ne giunse a contare in una sola volta circa una dozzina; indi invertito il contatto delle punte de' reofori con i punti opposti dell' organo elettrico osservò altrettanto, solamente l' ago del galvanometro eseguì lo stesso numero di evoluzioni ma in senso inverso delle precedenti. Da questi fatti ebbe luogo a conchiudere: 1.° Che il miglior modo di operare onde svolgere dalla torpedine una corrente elettrica si è quello di mettere in contatto la estremità di uno de' reofori con uno dei punti sottoposti del suo organo elettrico; e se stando il pesce tranquillo e senza segno di movimento nel suo corpo, si soffrega o si punge particolarmente verso le pinne caudali, si osserva che il pesce contrae gli orli dell' organo elettrico, e qualora si tocca questo superiormente

nel suo mezzo con l'estremità dell'altro reoforo, l'ago del galvanometro marca a puntino le elettriche correnti, la loro intermittenza e forza; osservandosi per qualche minuto una serie continuata di correnti decrescenti; 2.° Che la deviazione dell'ago del galvanometro è sempre nello stesso senso, la quale cambiasi se si cambia la posizione dei fili del galvanometro, ovvero i contatti delle estremità de' reofori, come abbiamo detto di sopra; 3.° Che la corrente entra sempre nel galvanometro dalla parte che guarda il dorso della torpedine; talmente che considerata questa come un elemento voltaico, il polo positivo sarebbe dalla parte del dorso ed il negativo dalla parte della pancia.

Assicuratosi il dotto fisico del modo come ottenere energiche correnti dalla torpedine, non che il senso e l'intensità di esse mediante il galvanometro, cercò di ottenere, e di fatti ottenne le scintille nel distaccare la punta di un reoforo dalla superficie del mercurio colla quale era in contatto. Di poi da sperimenti sopra torpedini più piccole ma più vigorose potè convincersi, che mediante il suo apparecchio, si ha sempre scintilla di elettrica induzione da torpedini, ancorchè molto piccole, purchè non sieno destituite del naturale vigore.

Dopo ciò passò a rassegna altri fenomeni, onde conchiudere da questi della perfetta somiglianza delle elettriche correnti della torpedine con quelle di qualunque apparecchio elettromotore. Di fatti ottenne la magnetizzazione degli aghi; due dei quali subirono tale magnetizzazione, che sospesi astaticamente ad un galvanometro offrirono la deviazione di 90° all'azione di una tenuissima corrente galvanica. Ottenne parimente la

scomposizione dell' acqua, ed essendo i fili metallici immersi in questo liquido facilmente ossidabili, svolgevasi soltanto l' idrogeno dal filo che comunicava colla pancia della torpedine, combinandosi l' ossigeno al metallo; il che gli confermò essere il polo positivo nel dorso, ed il negativo nella pancia.

Diede luogo in questo stesso tempo ad esami anatomici e fisiologici in rapporto alle singolari proprietà elettriche del pesce in quistione, ed ebbe a verificare in primo luogo l' opinione di Dawy; cioè che l' organo elettrico della torpedine non abbonda di vasi sanguigni; e dippiù che staccato quest' organo, e recisi i nervi che ad esso vanno, il pesce non muore. Nel cranio poco spazio rinvenne occupato dal cervello, e da questo scorgevansi benissimo le origini dei grossi quattro fasci di nervi, uno del quinto e gli altri dell' ottavo pajo. S'avvide più volte con quest' esame, che nel ferire il cervello all' origine dei detti nervi si suscitavano nel corpo del pesce contrazioni somiglianti a quella della ranocchia, qualora viene assoggettata al circuito galvanico; il che gli fece sospettare che nella regione del sensorio risegga la cagione originaria delle correnti elettriche; e a confermarlo in questa idea gli bastò riflettere che le elettriche correnti si producono a volontà dal pesce, essendo d' intensità corrispondenti all' eccitamento che se gli produce, ed alla grandezza e robustezza dell'animale; manifestando il suo stato elettrico con conformare il suo dorso in forma di tazza, con agitare gli orli dell' organo elettrico, con movere la testa e molto più gli occhi.

Non contento di ciò il P^e. Linari nel 25 agosto dello stesso anno nel porto di S. Stefano replicò gli anzidetti

sperimenti ed ottenne scintille di corrente primitiva, prima nel vuoto e poi nell' aria mediante opportuni apparecchi; osservò l'elettrica tensione, mercè delicatissimo elettroscopio a foglie di oro, contraddicendo con esperimenti le opinioni dei signori Valsk, Volta, Gay-Lussac, Humboldt e di altri rinomati fisici che avevano creduto che la torpedine non dava segno sensibile di elettrica tensione.

250. Il signor Faraday penetrato dalle stesse vedute, eseguì esperimenti su di un ginnoto della lunghezza di 40 pollici, trasportato a Londra dal signor Porter nel dì 15 agosto 1838. Questo pesce fu pescato nel mese di marzo dello stesso anno, e fino ai 24 agosto non ebbe alcun nutrimento, essendosegli da questo tempo dato per nutrimento sangue, indi pesci. Il primo sperimento del Faraday ebbe luogo nel 3 settembre dello stesso anno, tempo in cui il pesce non aveva ancora ripreso il naturale vigore, e non ostante ciò avendo convenientemente assoggettate le mani sul suo corpo ne ottenne forti scosse. Di poi fece uso di conduttori metallici terminati da dischi conformati a sella, onde adattarli sul dorso dell' animale, e questi rivestiti superiormente da vernice di gomma elastica, e terminati ciascuno nel basso da quattro bastoncini parimente di gomma elastica, per così costringere il pesce a stare immerso nell' acqua; le porzioni dei fili conduttori immerse nell'acqua erano ugualmente rivestite della stessa vernice per isolarle. Mediante quest' apparecchio, disposto in modo che uno dei dischi metallici conformati a sella poggiava sulla parte anteriore del ginnoto e l'altro verso le parti posteriori potè ottenere molti effetti elettrici; soltanto

per ottenere la scintilla vi fu bisogno di situare nel fondo della vasca ove stava il pesce una lastra di vetro. Stabilito l'apparecchio nel modo descritto, il sig. Faraday interpose tra le estremità dei fili conduttori un galvanometro non molto sensibile, osservò deviazioni nell' ago di 30° a 40° nei momenti che il pesce veniva eccitato e dava segni di forti scariche, le quali deviazioni erano costanti nella direzione, qualora le comunicazioni col galvanometro restavano le stesse. In seguito mise nel circuito un'elica formata da filo di ferro rivestito di seta della lunghezza di 22 piedi, e vi situò nel centro un ago di acciaio, che dopo la scarica elettrica del pesce lo trovò calamitato; indicandogli la sua polarità, che la corrente si aggirava nel ginnoto dalle parti anteriori alle posteriori. Ottenne parimente da queste correnti azione chimica, interponendo nel circuito una carta bagnata in una soluzione di ioduro di potassio, piegata in modo da formare due o tre doppiature, e situata su di una laminetta di platino, su cui comunicava un filo anche di platino, ottenne il iodo sulla punta del filo ch' era in comunicazione col disco a sella situato nella parte anteriore del pesce; confermandogli benanche quest' esperimento che la direzione della corrente nel pesce va dalla parte anteriore alla posteriore, come l' era stato manifestato dagli altri sperimenti precedenti. Dippiù avendo trasportati i dischi a sella nei diversi punti della lunghezza del pesce, ebbe motivo di conchiudere che ogni punto della sua lunghezza dà elettricità positiva per rapporto ad altro punto situato più verso la parte posteriore. Ottenne scintille elettriche mettendo da una parte una spirale elettro-magnetica,

la quale con un estremo comunicava con uno dei conduttori a sella, e coll'altro con una lima di acciaio nuova, mentre un'altra lima era fissata all'estremità dell'altro conduttore a sella; stropicciando la punta di una lima sull'altra, nel momento che il pesce veniva eccitato alla scarica, osservò ripetute scintille; ed ebbe parimente scintille sostituendo alle lime pezzi di rame o di argento. Non potè per altro assicurarsi dei fenomeni calorifici in queste correnti.

LIBRO TERZO

Dei corpi ponderabili.

CAPITOLO I.

Enumerazione dei corpi semplici finora conosciuti, dei principii costituenti l'aria atmosferica, e delle sue proprietà chimiche.

251. *Corpi semplici fin ora conosciuti.* I corpi semplici ponderabili fin ora conosciuti sono al numero di 61 i quali sono stati divisi in corpi semplici non metallici, detti anche metalloidi, ed in metalli.

I corpi semplici non metallici sono l'ossigeno, l'azoto, l'idrogeno, il boro, il bromo, il carbonio, il cloro, il fluore, il fosforo, il jodo, il selenio, il silicio, il solfo, il tellurio, l'arsenico, l'antimonio, ed il zirconio.

I metalli sono distinti dai precedenti da uno splendore particolare, dall'essere buoni conduttori del calorico e del fluido elettrico, generalmente opachi, e capaci di acquistare una levigatezza particolare; oltre ciò i composti di radicale metallico, hanno una tendenza a combinarsi con i composti analoghi di radicale metalloide, prendendo questi ultimi sempre il posto di elemento elettro-negativo per rapporto ai primi; e sono il potassio, il sodio, il litio, il bario, lo stronzio, il calcio, il magnesio, l'alluminio, il glucio, il torio, l'ittrio,

il terbio, l'erbio, il cerio, il lantano, il didimio, il manganese, l'uranio, il ferro, lo zinco, il cadmio, lo stagno, il cobalto, il nichelio, il cromo, il vanadio, il tunsteno, il moliddeno, l'osmio, il tantalio, il niobio, il pelopio, il titanio, il rame, il bismuto, il piombo, il mercurio, l'argento, l'oro, il platino, il rodio, il palladio, l'iridio, ed il rutenio.

Dalle varie combinazioni de' diversi corpi semplici in diverse proporzioni si hanno i diversi composti, i nomi de' quali risultano dall' innesto de' nomi dei componenti.

252. *Aria atmosferica.* I principii costanti che costituiscono l'aria atmosferica sono al numero di quattro come abbiamo detto (Vol. 1.° n. 107); cioè: gas azoto, gas ossigeno, gas acido carbonico, e gas acqueo. L'aria atmosferica raccolta da diversi punti della terra, e a diverse altezze dalla sua superficie nelle ascensioni areostatiche è stata esaminata da diversi chimici, ed è stata trovata dovunque la stessa; la quantità di gas acqueo può variare di molto per la diversa temperatura, e per lo stato di umidità della superficie della terra su cui sovrasta, o da cui è stata rimossa dall' azione del vento; la quantità del gas acido carbonico può variare nelle diverse stazioni, e secondochè gli animali le putrefazioni e la combustione ne somministrano più o meno. Essa è composta per ogni 100 parti in volume di 79 di gas azoto 21 di gas ossigeno e circa 0.1 di gas acido carbonico; in peso di 77 di gas azoto, 23, di gas ossigeno, e circa 0.12 di gas acido carbonico. Oltre ciò può contenere in sospensione o in soluzione molte altre sostanze.

Da qualunque luogo si può raccogliere l' aria che si vuole analizzare ; di fatti vuotando in quel luogo un vase pieno di acqua o di arena, asciugandolo o nettandolo bene, ed indi chiudendolo esattamente , è chiaro che il vase trovasi riempito dell'aria di quel sito.

Tutte le sostanze atte a togliere l' ossigeno da una determinata quantità di aria atmosferica possono operarne l'analisi : di fatti i corpi combustibili riscaldati fino ad un certo punto vi bruciano sino a che consumano quasi tutto l'ossigeno. Le sostanze che adopransi per esaminare l'aria atmosferica o altro miscuglio gassoso sono dette sostanze eudiometriche , e gli apparecchi adoperati per questo sono detti eudiometri. Molti dotti usarono il fosforo , il biossido d' azoto , i solfuri , ec. come sostanze eudiometriche; ma senza dettagliare le diverse cause di errori che possono presentare questi mezzi d' analisi, ci limiteremo a descrivere l' eudiometro di Volta , ed il modo di servirsene, come quello che dà risultati costanti e rigorosi.

253. L' eudiometro di Volta (Fig. 116) consiste in un tubo di cristallo ben consistente, lungo circa un palmo, e del diametro di due once , affiancato da una scala di parti uguali incisa su di una striscia metallica, l' estremità inferiore di questo tubo è masticata su di un piede di ottone , di cristallo , o meglio di ferro conformato a guisa di un imbuto rovesciato, la comunicazione del tubo con l' imbuto si ha mercè un rubinetto ; la parte superiore del tubo è fornita degli stessi pezzi dell'inferiore, essendo masticata in una ghiera di ottone, che comunica mediante un rubinetto in un bacino, ch'è di grandezza inferiore del piede su cui poggia il tu-

bo eudiometrico ; la parte superiore del tubo eudiometrico è perforata orizzontalmente, onde essere attraversato da un tubicino di vetro, destinato per isolare un filo metallico che l' attraversa , mediante il quale si fa passare la scintilla elettrica nell'interno del tubo. Fra le parti essenziali dell' istrumento vi è un lungo tubo di vetro graduato diviso in 200 parti, la cui capacità totale corrisponde a due divisioni del tubo eudiometrico: questo tubo ha nella sua imboccatura una ghiera , mediante la quale invitasi al fondo del bacino superiore , e serve per raccogliere il residuo gassoso , e misurarne esattamente la quantità. Una piccola campana di capacità corrispondente esattamente a quella di una divisione del tubo eudiometrico, ch' è fornita nel basso di una ghiera attraverso della quale passa un piano corsojo, onde potervi chiudere esattamente le sostanze gassose; essa, è destinata per introdurre nel tubo eudiometrico determinate quantità di gas.

Nell'adoperare quest' istrumento, si apre il rubinetto superiore , si riempie il tubo di acqua o di mercurio , poggiandolo col suo piede in una tinozza con dell' acqua o del mercurio , operando in modo che sì il bacino che sovrasta il tubo eudiometrico, che la capacità dell' imbuto sottoposto , che forma il piede dell' istrumento , venghino ripieni dello stesso liquido di cui è pieno il tubo; badando che non vi resti alcuna bolla di aria sotto al piede dello strumento. Disposto così si chiude il rubinetto superiore , si apre il sottoposto , e s'introducono nel tubo eudiometrico parti uguali in volume di aria atmosferica e di gas idrogeno , corrispondente ciascuno alla capacità della piccola campana de-

scritta di sopra; fatto ciò si fa scaricare una scintilla elettrica nell'interno del tubo, o mercè una bottiglia di Leyde, o con un conduttore elettrizzato; la scarica elettrica infiamma il miscuglio di gas, che si dilata pel calorico prodotto, apportando una forte ondulazione nel liquido; ristabilito l' equilibrio, il vuoto prodotto per la combinazione dell' idrogeno coll' ossigeno viene occupato dal liquido che vi ascende dalla tinozza. Si misura il residuo gassoso riempiendo di acqua il tubo graduato che è diviso in 200 parti uguali, che corrispondono alla capacità delle due misure di gas introdotte; così ripieno s'invita sull'orifizio superiore dell'eudiometro, in modo che aprendo il rubinetto superiore passa nel tubo superiore il miscuglio gassoso residuale, che si trova corrispondente esattamente a 137 parti delle 200 parti introdotte, e che perciò 63 parti che mancano hanno formata dell'acqua, che risulta costantemente da un volume di ossigeno e due volumi d' idrogeno; e perciò il terzo di 63 ch' è 21 è la quantità di gas ossigeno combinata; dal che si deduce che il volume di aria introdotto conteneva il 21 per 100 di ossigeno; se l' aria assoggettata all'esperimento contenesse il 20 per 100 di ossigeno, l'assorbimento sarebbe di 60 parti, e sarebbe di 66 se ne contenesse il 22 per 100. I principii costituenti l' aria atmosferica sono da considerarsi piuttosto nello stato di mescolanza, che in quello di combinazione (1).

254. Ogni pollice cubico di aria atmosferica pesa a

(1) Il signor Schöubein crede che quell' odore fosforico che si manifesta dopo forte scarica elettrica naturale o artificiale,

termine medio 0.4681 di un grano, vale a dire un poco meno di mezzo grano. L'aria atmosferica alla temperatura di 0° è 770 volte più leggiera dell' acqua alla temperatura della sua massima densità; il suo potere refrattivo assoluto è di 0. 0005891712, ed il suo potere refrattivo relativo si considera uguale ad 1.00. Il suo calorico specifico paragonato a quello di un ugual peso di acqua è 0.2669, e questo si accresce con la temperatura in una proporzione non ancora conosciuta.

255. La temperatura dell' atmosfera è maggiore nei punti più prossimi alla terra; perchè essendo l' aria diafana, i raggi solari depongono la maggior parte del loro calorico alla superficie opaca della terra; riscaldata ch' è in questi siti si solleva nelle regioni superiori disperdendo progressivamente il suo calorico; perciò la sua temperatura va progressivamente minorando dalla superficie della terra andando in alto; cosicchè nelle regioni altissime la sua temperatura è molto al di sotto del grado di congelazione, anche nelle stagioni estive molto calde, e lo stesso deve avvenire nelle regioni equatoriali ad un' altezza maggiore; perciò in queste regioni le nevi reggono senza liquefarsi nelle sommità delle montagne elevate, potendosi rattrovare in queste sommità una temperatura consimile a quella dei poli.

134. I corpi bruciano nell' aria a spese del suo ossigeno restando l' azoto in unione dei prodotti della com-

---

o nel tempo della scomposizione dell' acqua con i mezzi elettrici sia dovuto ad un nuovo corpo esistente nell'aria al quale ha dato il nome di *ozono*, considerandolo il radicale dell'azoto, ammettendo che l'azoto sia un composto d'idrogeno e ozono; attenderemo su tal particolare migliori ricerche.

bustione; le combustioni eseguite in spazii illimitati continuano finchè si consuma il combustibile; perchè l'aria che ha somministrato il suo ossigeno venendo riscaldata si eleva, e nel suo posto vi affluisce nuova aria; e quanto più queste correnti sono in attività, tanto più spesso l'aria si rinnova intorno al corpo in combustione, ed esso brucia con più violenza; perciò mediante soffietti, o altrimente, vi si fanno affluire correnti di aria per attivare le combustioni. Qualora poi il corpo combustibile brucia in uno spazio limitato, o in circostanze tali che l'aria non vi si rinnovi intorno, la combustione progredisce stentatamente, e si arresta consumato ch'è quasi tutto l'ossigeno dell'aria circostante. Taluni corpi roventati bruciano con fiamma, altri senza fiamma; i primi sono corpi che svolgono molecole gassose, gli altri no; la fiamma offre coloriti diversi in corrispondenza delle sostanze che bruciano. Allorchè i prodotti della combustione si mantengono nello stato gassoso non si ha che un lume debole, come quello del gas idrogeno, del gas ossido di carbonio, dell'alcool, ec; ma se dalla combustione si ha un corpo solido che la fiamma può roventare, allora si avrà una luce viva; così il fosforo e lo zinco bruciando spargono una luce vivissima, perchè la loro combustione è accompagnata dalla produzione dell'acido fosforico o dell'ossido di zinco, i quali persistono nella forma solida e divengono roventi; ed il lume dell'idrogeno, dell'alcool, del gas ossido di carbonio si accresce di molto qualora nella loro fiamma si mette un filo di platino, o sfili di amianto.

Il colorito della fiamma è omogeneo allorchè i corpi che bruciano sono semplici, ma la fiamma prodotta dal-

la combustione di diversi corpi che contemporaneamente si volatilizzano nell'atto della combustione, ha varii coloriti; la fiamma prodotta dalle candele di cera di sevo, e quella prodotta da un lume ad olio possono servirci di esempio. I diversi punti della fiamma manifestano diverso calore, la cui differenza è difficile a determinarsi con precisione; conoscendosi soltanto essere maggiore nella sua superficie esteriore, che nel centro. Allorchè si soffia in una candela con tale intensità da raffreddare il lucignuolo, i gas non essendo a temperatura da poter bruciare, la fiamma si smorza, ma il lucignuolo continua ad esser rosso, e ad esalare i gas combustibili sotto forma di fumo; e questa è la ragione per cui tenendo una candela accesa a qualche distanza sopra un lucignuolo così fumante, i gas s'infiammano e la fiamma sembra discendere dalla candela accesa a quella che si è spenta; il che non avviene allorchè il lucignuolo non è più rosso, perchè il fumo che producesi a questa temperatura non è al caso d'infiammarsi.

256. La fiamma di una candela si smorza o minora di temperatura introducendovi un corpo conduttore del calorico e di una certa dimensione come un bastone di ferro o un fascetto di fili metallici; osservandosi che la fiamma si arresta, ed una quantità di gas non bruciato si manifesta in fumo. Su questo principio è stabilita la lampada di sicurezza escogitata da Dawy, per ovviare i continui disastri che avvenivano nelle miniere di carbon fossile; dappoichè in queste nell'eseguire nuovi scavi, s'incontrano spesso fenditure che danno una corrente di aria combustibile, che per la maggior parte è gas idrogeno carbonato, la quale raccolta in questi siti

in una certa quantità dà luogo ad esplosioni violenti in contatto della fiamma, apportando la morte degli operai; e non pochi uomini in Inghilterra perivano in ogni anno a questo modo. A riparare sì gravi e frequenti disastri rivolse la sua attenzione il celebre Dawy, e ripetendo un fatto sperimentato da Tennant, che le esplosioni del gas detonante non si propagano a traverso di tubi metallici di picciolissimo diametro, riconobbe che questo dipendeva dal raffreddamento che soffriva il gas in contatto del metallo, e che a proporzione della combustibilità del gas i tubi dovevano essere più lunghi, e più stretti in diametro per impedirne l' accensione; il che verificò nel cannello di Newman. Questi fatti lo condussero a mettere in opera alcune lanterne chiuse da un tessuto di fili metallici; ed usandole nelle miniere riconobbe, che per impedire l'esplosione, la tela doveva essere costruita da fili metallici di $^1/_{40}$ ad $^1/_{60}$ di pollice di diametro, ed in tal modo intessute da contenere circa 400 fori o maglie nell' estensione di un pollice quadrato. L' aria entra ed esce per questo tessuto, e se è infiammabile avviene esplosione soltanto di quella porzione rinchiusa nella lanterna, smorzandovi il lume. L' esperienza ha sansionata l' utilità di queste lanterne, ed ha fatto conoscere un fenomeno nuovo, ed è che talvolta dopo l' esplosione si roventa il tessuto metallico della lanterna, e persiste in questo stato senza che si brucia; fenomeno che Dawy riconobbe dipendere, dacchè il tessuto arroventato per la detonazione nell' interno della lanterna, non è a temperatura tale da produrre detonazione in contatto del gas detonante, ma è al caso di ossidare progressivamente nuovo idrogeno, il

che vi accumula tanto calore da trattenerlo nello stato rovente per qualche tempo.

257. Essendo indispensabile il contatto dell' ossigeno col corpo combustibile per operarsi la combustione, perciò qualunque cosa atta ad impedire questo contatto è bastante per arrestare la combustione, ordinariamente ci serviamo dell' acqua per ispegnere il fuoco, il che avviene sì perchè essa ricopre la superficie dei corpi che ardono, come pure perchè li raffredda; ma se la temperatura delle sostanze in combustione è molto elevata, e la loro massa è in tanta quantità che l' acqua con cui si tenta di spegnerla non è al caso di raffreddarla, come suol avvenire negl' incendii che hanno presa una certa estensione, l' acqua in vece di estinguerli ne accresce la violenza, decomponendosi a quella temperatura in contatto del carbone: perciò si suole unire all'acqua taluni corpi solidi, come creta o sostanze terrose o saline, queste rimangono dopo la volatilizzazione o decomposizione dell' acqua e persistono sulla superficie della massa che brucia. Si sono proposte per estinguere il fuoco diverse sostanze che possono riuscire di qualche utilità nei piccoli incendii, ma riescono quasi di niun effetto ne grandi; le esperienze eseguite con queste sostanze, incendiando artificialmente case ricoperte di catrame e ripiene di paglia e di corpi grassi, non han fatto che ingannare i spettatori; dappoichè questi corpi è vero che bruciano con una fiamma risplendente, ma producono meno calore, e perciò facili ad estinguersi coll'acqua e con i miscugli vantati contro gl' incendii. Il gas acido solforoso spegne prontamente il fuoco, perciò nel-

l' accensione dei cammini da fumo, si può riuscire ad estinguerli facendo bruciare solfo sul focolajo.

258. I corpi organizzati in decomposizione assorbono l' ossigeno dell' aria, e resta l' azoto in uniono dei gas prodotti dalla decomposizione; cosicchè l' aria rinchiusa per qualche tempo in un sito ove trovansi sostanze organiche in decomposizione spegne i lumi che vi s'immergono e priva di vita gli animali che la respirano. Nella respirazione degli animali venendo assorbito l' ossigeno, perciò l' aria dei luoghi non ventilati ove sono rinchiusi molti uomini è poco atta alla respirazione ed è talvolta tanto micidiale che gli uomini vi periscono; essendosi conosciuto che qualora la quantità dell' acido carbonico giunge ad essere il nove per cento del suo volume diviene soffocante, non potendo più alimentare la vita contenendo tanto acido carbonico quanto l' aria espirata.

259. Le diverse analisi dell'aria praticate da chimici dalla scoverta della sua natura fino a noi ci portano a credere che i suoi principii costituenti sieno stati sempre gli stessi e nelle stesse proporzioni; posto questo per vero non sappiamo in qual modo si compensano le quantità di ossigeno che tutto giorno si consumano in tutte le operazioni chimiche naturali ed artificiali, organiche ed inorganiche; ed ammesso che le piante esposte ai raggi solari tramandano ossigeno, resta a spiegarsi come la composizione dell' aria resta la stessa si nella state che nell'inverno. Prevost ha calcolato che l' ossigeno consumato in un secolo dagli esseri organizzati non sorpassa il peso di $^1/_{7200}$ di tutta la quantità contenuta nell' atmosfera, quantità questa da non esser rico-

noscibile dall' analisi; perciò, stando all'esattezza di questi calcoli, da ciò si potrebbe trar ragione plausibile. Ma è forza confessare che la natura dell'aria atmosferica non è ancora studiato abbastanza particolarmente sul rapporto igienico; dapoicchè non siamo appieno informati del perchè una data aria influisca in bene o in male su alcuni individui sani o malati.

L'aria influisce non solo nella respirazione e nella combustione, ma benanche in una quantità di operazioni si meccaniche che chimiche.

CAPITOLO II.

Dell'acqua ne suoi diversi stati, proprietà fisiche e chimiche di essa, sua analisi e sintesi.

260. L'acqua trovasi abbondantemente sparsa in natura; si ha nello stato solido nelle regioni polari e sulle montagne elevate, nello stato liquido costituendo l'acqua del mare e delle sorgenti, e nello stato gassoso nell' aria atmosferica; questi diversi stati dipendono dalla temperatura in cui si trova esposta. L'acqua ha una azione estesa su tutt' i corpi della natura, talmentecchè le acque naturali non si trovano mai nello stato puro; la meno impura è l' acqua di pioggia non burrascola, raccolta in siti lontani dall' abitato, e dopo che sieno avvenute piogge precedenti. Si ha l' acqua nello stato puro per mezzo della distillazione.

Le acque, in corrispondenza delle sostanze che tengono disciolte, e degli usi a cui possono destinarsi si distinguono in potabili e minerali; le prime sono buone ad

estinguere la sete ed ai diversi usi economici, non che pel nutrimento de' vegetabili; le altre s' impiegano in medicina sì per uso interno, che per bagni, qualora l'esperienza o l'analisi chimica ne ha fatto conoscere l'utilità; ovvero se ne ottengono prodotti per gli usi sociali.

Le acque potabili hanno per caratteri di essere limpide ed incolori ancorchè assoggettate all'ebollizione, di lasciar poco o niun residuo dietro l'evaporazione completa, di sciogliere bene il sapone senza dar molti grumi, e di cuocer bene i legumi; non hanno sapore marcato, e non manifestano un'azione decisa sull'economia animale.

261. Le acque stagnanti divengono d'ordinario fangose e fetide nei grandi calori della state; come pure le acque rinchiuse in botti cadono in putrefazione dopo un certo tempo, ed acquistano sapore ed odore ributtante, che la sola necessità può costringere a farne uso; queste alterazioni dipendono da sostanze organiche disciolte o sospese nell'acqua, le quali hanno subbito una decomposizione spontanea, dal che nasce l'intorbitamento e le gassose emanazioni fetide. Per correggere le acque corrotte non vi è miglior metodo di quello di Lowitz, che consiste nel farle filtrare ripetute volte per uno strato di carbone vegetabile sminuzzato. Giusta gli sperimenti di questo fisico possono bastare once 4 $^{1}/_{2}$ di carbone polverizzato per correggere tre libbre e quattro once di acqua; e qualora a questa quantità di acqua da correggersi si uniscono una ventina di gocce di olio di vitriuolo (acido solforico), la quantità di carbone può limitarsi ad un' oncia e mezza. La filtrazione pel car-

bone spoglia le acque dalle sostanze gassose, e dalle sostanze che vi sono in sospensione, minorando anche porzioni di sali; ma non le spoglia dalle sostanze che vi sono perfettamente disciolte; da ciò ne viene che spesso l'acqua disinfettata dal carbone cade nuovamente in putrefazione, qualora li restano sostanze organiche in soluzione.

L' acqua purificata a questo modo viene spogliata benanche dall' aria che tiene sempre in soluzione, la quale da alle acque potabili un gusto particolare a cui siamo abituati, e senza di questa hanno un gusto nauseoso come di acqua bollita; si può caricarla nuovamente di aria o facendola cadere a forma di pioggia da una certa altezza, o pure riempiendone quasi a metà un vase, in cui si agita per qualche tempo.

Si pensò di prevenire la corruzione delle acqua da servire agli equipaggi dei bastimenti con aggiungere nelle botti destinate a contenerle una porzione di carbone polverizzato; e devesi al signor Berthollet la bella idea di carbonizzare le pareti interne delle botti, il che impedisce la decomposizione delle materie organiche, e l'immediato contatto dell'acqua col legno.

262. Le acque minerali, talune hanno una temperatura corrispondente presso a poco a quella dell'atmosfera; altre hanno una temperatura più o meno elevata, e perciò distinguonsi col nome di *acque termali*. Le acque minerali sono in gran numero e diversificano per la varietà e quantità delle sostanze da cui sono mineralizzate. La natura del suolo da cui ha origine un acqua minerale, ed il colorito del deposito nel fondo del bacino ove si raccoglie, possono manifestarci presso a poco la

natura delle sostanze che la mineralizzano ; dapoicchè, come diceva il celebre Vanquelin , le acque delle sorgenti portano in soluzione un campione delle materie che attraversano : cosicchè quando il colorito del deposito ha una tinta di ruggine vi si deve credere l' esistenza del ferro, se ha il color nero indica lo stesso metallo unito al solfo , e le incrostazioni biancastre dipendono ordinariamente da carbonato calcareo. L' odore ed il gusto delle acque possono benanche darci indizii sulla natura di talune sostanze mineralizzanti ; così l' odore di uova putrefatte da indizio di qualche combinazione di solfo , capace di svolgere idrogeno solforato ; l' odor pizzicante nelle narici quello di una certa quantità di acido carbonico libero ; i sali di soda e di magnesia danno all' acqua un gusto amaro ; il ferro un sapore stittico particolare ; e l' acido carbonico un acidità pizzicante.

263. L'acqua congelandosi offre un fenomeno singolarissimo ; dapoicchè il suo volume si restringe gradatamente coll' abbassamento di temperatura , fino a che giunge alla temperatura di 4.°108 centigradi sopra zero , nel quale stato offre la massima densità ; da questo grado fino a quello di congelazione in vece di restringersi maggiormente si dilata , talmentecchè alla temperatura di zero ha la stessa densità che aveva a 9°' sopra zero; ed è perciò che la neve galleggia nell'acqua.

Tale eccezione alla legge dell' influenza del calorico su i corpi si crede dipendere da una disposizione particolare che prendono le molecole dell' acqua nel congelarsi , la quale si manifesta un poco prima della congelazione , ne vi ha influenza l' aria disciolta ; dapoicchè

l'acqua bollita presenta lo stesso fenomeno. L'Autore del tutto ha provvidamente disposto a questo modo; dapoicchè se ciò non fosse, le acque dei grandi laghi si congelerebbero fino al fondo, i pesci vi perirebbero, e gli altri esseri viventi mancherebbero di acqua liquida per i loro bisogni; ma giunto l'acqua alla temperatura di 4.°108 sopra zero, cioè alla sua massima densità, ed a questa temperatura essendo ancora liquida, deve per legge di equilibrio occupare il fondo, nell'atto che lo ghiaccio essendo di peso specifico minore occupa gli strati superiori; ed è ben difficile, anche nelle regioni in prossimità de' poli, che i fiumi ed i laghi gelino fino al fondo.

L'acqua del mare, e quella delle sorgenti che contengono quantità di sali in soluzione, non godono della massima densità alla temperatura di 4.108 sopra zero, ma si condensano gradatamente fino a che prendono la forma solida; soltanto nell'atto che l'acqua si solidifica, il sale cade in soluzione nell'acqua non congelata, e ne impedisce la congelazione; formandosi nel fondo di essa una soluzione tanto più carica di sale per quanta maggior acqua si è congelata; perciò anche nel mare gli strati inferiori restano liquidi.

264. L'acqua dallo stato della sua massima densità, ch'è alla temperatura di 4.°108 sopra zero, si dilata fino a + 100°; acquistando a questa temperatura il maggior volume possibile nello stato liquido, che giusta gli sperimenti di Gay-Lussac si dilata di $^1/_{45}$ = 0,0465 del suo volume nello stato di massima densità, dando il fenomeno dell'ebollizione e si converte in gas. Poco prima di bollire si sente un piccolo fremito, prodotto dal-

le bolle di gas acqueo che si formano nel fondo, si raffreddano e si condensano ascendendo alla sommità dell'acqua, occupando il suo posto l'acqua superiore che vi affluisce, il che cagiona questo fremito; esso cessa subitocchè l'intera massa del liquido ha acquistata una temperatura uniforme, mediante la quale la forza elastica del suo vapore è di tanto da vincere la pressione atmosferica, e terminano di agire le correnti liquide ascendenti e discendenti.

Il grado di temperatura necessario per l'ebollizione dell'acqua varia non solo per la qualità e quantità di sostanze che può contenere, ma benanche per la diversa pressione a cui trovasi esposta. L'acqua pura alla pressione ordinaria dell'atmosfera, ch'è quella di 28 pollici barometrici, bolle costantemente a 100° del termometro centigrado, ma a pressione minore bolle ad una temperatura inferiore; di fatti a proporzione che ci troviamo in sito più elevato, l'acqua bolle a temperatura più bassa. L'esperienza ha provato che la minorazione di un pollice di pressione barometrica fa bollire l'acqua ad un grado di meno, cioè a 99°; la minorazione di due pollici a due gradi di meno cioè a 98°; e l'aumento di pressione di un pollice fa si che l'ebollizione si manifesta a 101°, al di là di questi limiti la legge è più complicata. L'acqua posta in un vase ben solido ed ermeticamente chiuso, può subire una temperatura molto elevata senza bollire; perchè la forza elastica dei vapori che si formano, agisce non solo sulle pareti del vase, ma benanche sulla superficie dell'acqua, in modo che ne impedisce l'ebollizione, e può produrvi una pressione corrispondente a quella di 2,

3, 4, ec. atmosfere. Questa forza elastica che in seguito studieremo, ha ricevuto applicazioni estesissime, ed ha prodotta una rivoluzione in tutt'i rami dell'industria.

L'acqua e tutti gli altri liquidi, qualora non contengono sostanze estranee, continuando a bollire non aumentano di temperatura, e tutto il calorico è impiegato a ridurla in vapore, il che può verificarsi tenendovi un termometro immerso; purchè però la parte volatilizzata è perfettamente identica a quella che resta liquida.

265. L'acqua liquida per passare nello stato gassoso, alla pressione media dell'atmosfera, ha bisogno di una quantità di calorico capace di portare uno stesso peso di acqua dalla temperatura di zero a quella di 535°, purchè però con un mezzo qualunque se ne possa impedire l'evaporazione; ovvero è capace di far passare da zero a 100° una quantità di acqua 5.35 volte il suo peso; e ciò si può verificare, introducendo nella storta AB (Fig. 117) una certa quantità di acqua distillata; il tubo della storta si suggella con un tubo curvo che va a pescare nella bottiglia C D, la quale contiene 5.35 volte il peso dell'acqua posta nella storta, a 0°; si riscalda all'ebollizione la storta finchè l'acqua contenutavi sia tutta volatilizzata; si osserverà che dopo la volatilizzazione di tutta l'acqua dalla storta e la sua condensazione in quella della bottiglia, un termometro immerso nell'acqua della bottiglia marcherà 100°. Or siccome sì l'acqua che era nella bottiglia che quella proveniente dalla condensazione del vapore è ridotta a 100°, perciò il solo calorico gassificante dell'acqua è stato impiegato per riscaldare a 100°, cinque volte e 35 centesimi di acqua a ze-

ro; da ciò si può conchiudere, che per far passare l'acqua dal grado di ebollizione allo stato di gas è necessario tanto calorico che basta per innalzare la temperatura del liquido dai 100° ai 535°.

Un volume di gas acqueo alla pressione di 76 centimetri ed alla temperatura di + 100° occupa uno spazio 1699. 4 volte di quello che occupava nello stato liquido; e il suo volume aumenta a proporzione che aumenta la temperatura, purchè la pressione resta la stessa; allo stesso modo che succede per gli altri gas.

266. Il gas acqueo non ha colore nè odore nè sapore; la sua densità è inferiore a quella dell' aria, nè è facile determinarla con precisione; gli sperimenti di Gay-Lussac li assegnano la densità di 0. 6201 alla temperatura del ghiaccio fondente, ed alla pressione barometrica di 76 centimetri; e sommando il peso di un volume di gas idrogeno, e di mezzo volume di gas ossigeno, ovvero sommando il peso specifico del gas idrogeno con la metà del peso specifico del gas ossigeno si ha 0. 620 sensibilmente prossimo al precedente; il suo calorico specifico sta a quello di un ugual peso di aria, come 3.136: 1, ed a quello di un ugual peso di acqua liquida come 0. 8407: 1. Questi rapporti fanno conoscere che il calorico necessario per innalzare di un dato numero di gradi la temperatura del gas acqueo, sta al calorico necessario per innalzare dello stesso numero di gradi la temperatura di un ugual peso di acqua liquida, come 0. 8407: 1; ed al calorico necessario per innalzare dello stesso numero di gradi un ugual peso di aria come 3.136: 1.

Il gas acqueo differisce dal vapore acquoso per essere

disciolti da diverse quantità di calorico, essendo il primo trasparente ed incolore, ed il secondo opaco e come un fumo bianco.

267. L'acqua è composta di ossigeno e d'idrogeno nella proporzione in peso di 88. 904 di ossigeno e di 11. 096 d'idrogeno, ed in volume da due volumi d'idrogeno e uno di ossigeno. Di questo possiamo convincercene sì per la decomposizione dell'acqua, come per la combinazione dei suoi principii costituenti nelle anzidette proporzioni. Per operare la decomposizione dell'acqua bisogna metterla in contatto col ferro ad una temperatura elevata; per questo si prende un tubo di porcellana verniciato nel suo interno, e in mancanza di esso un tubo di vetro lutato, nel quale s'intromette una quantità di tornitura o di fili di ferro ben puro; indi si fa attraversare questo tubo per un fornello ordinario, disposto in modo da potersi facilmente circondare da carboni, e con una leggiera inclinazione da una estremità all'altra; all'estremità più elevata vi si suggella la bocca di uno stortino di vetro, il quale contiene un peso conosciuto di acqua distillata; e l'estremità più bassa del tubo si fa comunicare con la parte superiore di un serpentino, che colla sua estremità inferiore s'immette nell'imboccatura di una bottiglia bitubulata; dall'altra imboccatura di questa bottiglia si fa partire un tubo curvo che va a pescare nell'apparecchio a mercurio, nel quale sono situate le campane graduate.

Disposto così l'apparecchio e lutate tutte le giunture, si circonda il serpentino di neve pestata, e si riscalda gradatamente il tubo di porcellana o di vetro, che contiene la tornitura di ferro, fino alla temperatura del ro-

so oscuro, e quindi si mette fuoco al di sotto dello stortino; l' acqua in esso contenuta si volatilizza, traversa la tornitura di ferro rovente, e si decompone quasi interamente; il suo ossigeno si combina al ferro, nell'atto che il suo idrogeno nello stato di gas si raccoglie nelle campane graduate. Il serpentino e la bottiglia bitubulata s' interpongono nel passaggio del gas, onde raccogliere i vapori acquosi che scappano alla decomposizione; sebbene se ne potrebbe fare di meno quando si opera nell' apparecchio a mercurio, perchè i vapori acquosi che scappano alla decomposizione si raccolgono in forma liquida nel bagno a mercurio. Si continua l'operazione fino a che sia volatilizzata buona porzione di acqua dalla storta, quindi si sospende il fuoco, e si attende finchè l'apparecchio sia raffreddato per raccogliere tutt' i prodotti. Or per meglio spiegarci supponiamo che l' acqua introdotta nella storta sia stata quattro once, quella rimasta nella storta un oncia ed una quarta, e quella raccolta nella bottiglia bitubulata compresavi qualche piccola porzione rimasta nel gas raccolto, tre quarti di oncia, è chiaro che la quantità dell' acqua decomposta è stata once due; pesando il gas idrogeno raccolto si trova sensibilmente uguale a 2 dramme 13 acini e $^1/_3$ di acino, ed il ferro si trova aumentato di 17 dramme 46 acini e $^2/_3$ di acino, ch' è il peso del gas ossigeno che vi si è combinato; or questo unito al peso del gas idrogeno sommano il peso del acqua decomposta. Può aversi benanche la decomposizione dell' acqua per mezzo della elettricità nel modo descritto pag. 225 n. 178.

268. La composizione dell' acqua può operarsi fa-

cendo bruciare una corrente di gas idrogeno in un recipiente pieno di gas ossigeno; dopo la combustione si trova che il peso dell' acqua prodotta corrisponde esattamente al peso delle quantità di gas consumate, ed essere queste nel rapporto in volume di due volumi di gas idrogeno ed un volume di gas ossigeno. Dopo le sperienze eseguite da Fourcroy, Vauquelin e Seguin si credè che l' acqua fosse composta in peso da 85 parti di ossigeno e da 15 d' idrogeno. Ma rigorosi sperimenti fatti in seguito dimostrarono che due volumi di gas idrogeno si combinano esattamente con un volume di gas ossigeno; in modo che determinati i pesi specifici di questi due gas si è conchiuso che l' acqua è composta in peso da 88. 904 di gas ossigeno e 11. 096 di gas idrogeno.

Uno dei processi opportuni per conoscere la composizione dell' acqua, consiste nell' introdurre in un tubo di vetro una determinata quantità di deut-ossido di rame, che dopo averlo riscaldato fortemente con una lampada a spirito di vino, vi si fa agire sopra una corrente di gas idrogeno, l' ossido si repristina, il suo ossigeno si unisce all' idrogeno e forma l' acqua; la perdita di peso dell' ossido di rame dà la quantità di ossigeno impiegata nella formazione dell' acqua, e questa dedotta dal peso dell' acqua ottenuta dà il peso del gas idrogeno. Gli ultimi sperimenti si di Dumas, che di Erdmann, danno il rapporto in peso tra l'idrogeno e l'ossigeno di 1 : 8.

269. L' eudiometro a gas idrogeno può servire a dimostrarci che l' acqua è composta da due volumi di gas idrogeno e un volume di gas ossigeno. Ma qualora si volesse raccogliere una certa quantità di acqua prodotta dalla combinazione de' suoi elementi, bisogna empire

un recipiente di vetro di gas ossigeno, o nell' apparecchio a mercurio, ovvero vuotandolo prima di aria e di poi caricandolo di gas ossigeno ; nel detto recipiente si fa passare un tubo, masticato in un buco della sua parete, pel quale vi s' immette una corrente di gas idrogeno, che contemporaneamente si accende mediante la scintilla elettrica. Ma se l' operazione si vuole continuare per un tempo più lungo onde produrre maggior quantità di acqua, bisogna raccogliere separatamente quantità dei due gas in due gassometri, le campane interne dei quali comunicano, mediante tubi, in un recipiente ben solido di cristallo; s' immette in questo recipiente prima il gas ossigeno, e poi nell' introdurvi il gas idrogeno si fanno scaricare le scintille elettriche all' estremità del tubo che conduce il gas idrogeno, questo brucerà a spese dell' ossigeno ; e a questo modo si può continuare finchè si vuole, e così raccogliere una certa quantità di acqua. Bisogna avvertire di far affluire nel recipiente le sostanze gassose presso a poco nello stesso rapporto che bisognano per formare l'acqua.

L' acqua così ottenuta ha ordinariamente un sapore acidetto, per un poco di acido azotico proveniente da piccole porzioni di azoto, che per lo più trovansi mescolate o col gas ossigeno o col gas idrogeno, ovvero per piccola porzione di aria atmosferica rimasta nel recipiente; ma qualora si usa ogni diligenza nell' escludere l' azoto si ha l' acqua esente da acido.

La scoverta della composizione dell'acqua appartiene a Cavendish; essa venne confermata dai chimici francesi, ma non fu priva di contraddittori come la maggior parte delle novità.

270. L'acqua presta ufficii interessantissimi e svariati nello stato solido, liquido, e gassoso: nello stato solido non bisogna considerarla solamente come atta a soddisfare il gusto di coloro che amano di bere gelato in està, ma è oggetto di prima necessità particolarmente nei paesi meridionali ove il caldo è eccessivo e continuato, specialmente qualora spirano taluni venti; dippiù serve per procurarci le basse temperature impiegate il più delle volte per ridurre in forma liquida o solida i prodotti volatili o liquidi.

L'acqua del mare, dei grandi laghi, e dei fiumi serve non solo di veicolo ai bastimenti, mediante i quali si stabiliscono relazioni tra punti distantissimi della terra, ma l'industria ha posto à profitto il suo movimento per attivare una quantità di macchine; oltre ciò in essa vivono un' immensa quantità di esseri organizzati. L'acqua potabile serve non solo per bevanda e nutrimento degli uomini e degli animali, ma presta una infinità di ufficii economici e salutari, tali sono la preparazione degli alimenti, onde renderli a portata di essere facilmente digeriti; i bagni, le lozioni, e tutto ciò che spetta alla nettezza del nostro corpo sì necessaria al mantenimento della salute; essa è uno dei principali agenti della vegetazione, ed è il dissolvente della maggior parte dei corpi; dapoichè non vi è sostanza che possa dirsi perfettamente insolubile; e per questa proprietà non solo si hanno belle cristallizzazioni di minerali, sì naturali che artefatte, ma l'industria dell'uomo si è ingegnata di dare al commercio una immensità di prodotti che non si potrebbero ottenere senza di essa, essendo l'acqua l'agente chimico o il veicolo, per dir così, indispensabile nella

maggior parte delle combinazioni, perciò l'antico precetto *corpora non agunt nisi sint soluta ;* sovente o essa o qualche suo elemento diviene parte costituente di talune combinazioni, tra le quali le più comuni sono le ossidazioni di diversi metalli a spese del suo ossigeno.

L'acqua ridotta nello stato gassoso non solo è da considerarsi come una forza motrice di prim'ordine di cui fra poco ne discorreremo; ma è impiegata per rammollire diverse sostanze colla sua penetrazione in esse; e come mezzo economico e sicuro da pericolo d'incendio, per riscaldare e disseccare diversi corpi ; perciò è impiegata per riscaldare liquidi, stufe, e disseccare corpi, particolarmente quei che sono combustibilissimi come la polvere da sparo.

CAPITOLO III.

Igrometria.

271. Quella parte della fisica che ha per oggetto di determinare la quantità di vapori contenuti nell'atmosfera, o l'umidità dell'aria vien detta *igrometria* ; e gli strumenti usati per determinarla sono detti *igrometri.*

Tra i principii costanti, che costituiscono l'aria atmosferica, vi sono i vapori acquosi come abbiamo detto; di fatti anche l'aria la più secca ne contiene, del che possiamo convincercene prendendo un vase di vetro o di metallo pieno di acqua gelata, del quale si ha cura di ben asciugare le pareti esteriori; posto il vase in contatto dell'aria, dopo breve tempo si trovano le sue pa-

reti esteriori bagnate dai vapori depositati dall' aria circostante ; e se nel vase si metta una miscela frigorifera la sua superficie si covre di piccoli cristalli di ghiaccio. Se si espone all' aria uno di quei corpi detti *deliquescenti,* cioè quelli che hanno una grande affinità per l' acqua , in modo che l' assorbono facilmente dall' aria e vi si disciolgono , questo assorbe l' umidità dell' aria e si liquefà in un tempo più o meno breve.

Per determinare la quantità di vapori che si trovano nell' atmosfera, in vece di raccogliere e pesare la quantità di acqua contenuta in uno spazio determinato di aria , si adoprano sostanze le cui forme e dimensioni subiscono cangiamenti a proporzione che l' aria circostante è più umida , che diconsi *sostanze igrometriche*, perchè si adoprano nella costruzione degli igrometri. Fra le sostanze organiche quasi tutte risentono l' azione dell'umidità dell' aria , dappoichè esposte all' aria umida variano nelle loro dimensioni e nel loro peso : di fatti le corde di budello , impiegate negli strumenti di musica, cangiano di tensione e di tuono, la carta, la pergamena perdono la loro elasticità , i capelli lesciviati provono cangiamenti considerevoli , il vetro aumenta sensibilmente di peso, come han dimostrato i signori Fontana e Gay-Lussac ; ma per la costruzione di un igrometro, atto a dare indicazioni marcabili ed esatte, è necessario che la sostanza impiegata sia sensibilissima alle piccole variazioni di umidità dell'aria , incorruttibile , di picciolissimo volume per dare indicazioni pronte , capace di subire cangiamenti costanti acciò nelle stesse circostanze dia esattamente le stesse indicazioni , e finalmente che lo strumento sia comparabile ;

talmentechè due igrometri costruiti colle stesse sostanze, e posti nelle stesse circostanze diano risultati uniformi.

Tra tutte le sostanze igrometriche conosciute, le sole che si avvicinano a queste condizioni sono i capelli e le lamine sottili di osso di balena, che si allungano esposte all'umidità, e si accorciano nell'aria secca. L'igrometro a capello è conosciuto con nome d'igrometro di Saussure ch' è il più generalmete usato, e quello a osso di balena col nome d'igrometro di Deluc.

L'igrometro di Saussure (Fig. 118) consiste in un quadro di metallo, in cui le dilatazioni pel calorico tra i limiti della temperatura dell'atmosfera si possono trascurare, perchè picciolissime in rapporto ai cangiamenti di dimensioni che si cercano di osservare; esso presenta nella sua parte superiore una piccola pinsetta nella quale è fissata l'estremità di un cappello, essendo l'altra estremità attaccata alla gola di una piccola girella; un peso di due o tre acini è similmente legato alla gola della stessa girella, in modo da tener costantemente teso il cappello; la girella movendosi fa muovere un indice fissato sopra di essa, che indica su di un quadrante graduato l'allungamento o l'accorciamento del cappello. I capelli nel loro stato naturale sono inviluppati da una materia grascia che li sottrae in parte all'azione dell'umidità, e che riduce il loro allungamento ad $^1/_{200}$ tra l'estrema secchezza e la massima umidità; ma qualora ne sono spogliati, il loro allungamento totale è quattro volte maggiore o circa $^1/_{50}$; perciò è necessario lavare questi capelli, per sbarazzarli da questa sostanza untuosa, in un lescivio alcalino bollente, fatto, giusta le indicazioni di Saussure, di una parte di carbonato di soda o di potassa in cento di acqua.

Per graduare l'igrometro, si situa sotto di una campana piena di aria con una sostanza deliquescente, come il muriato di calce o la potassa caustica fusa e ridotta in piccoli pezzi, questa assorbe l'umidità dell'aria della campana, si osserva che l'indice dell'igrometro discende a principio con molta sollecitudine, quindi si rallenta, e non si fissa in un punto stabile che dopo due o tre giorni; questo punto che indica la massima secchezza si marca zero. Per assicurarsi se questo punto indica la massima secchezza dell'aria è opportuno esporre tutta la campana così accomodata ai raggi del sole, a quest'azione, se il capello contiene umidità si evapora e l'indice discende di più; ma se è spoglio di umidità non fa che dilatarsi per poco pel calore, il che fa sì che l'indice ascende. Si abbrevia di molto e si rende più esatta questa prima operazione della graduazione, introducendo l'igrometro con pezzi di calce viva sotto la campana della macchina pneumatica dalla quale si estrae l'aria. Dopo questa prima operazione si passa l'igrometro in un altro recipiente chiuso, di cui le pareti e il fondo sieno bagnate, l'aria rinchiusa saturandosi di umidità ne imbeve il capello e l'indice ascende con rapidità, e diviene stazionario dopo circa un'ora tutto al più; il punto del quadrante ove s'arresta l'indice si marca 100°; l'arco del quadrante interposto tra 0° e 100° si divide in 100 parti uguali, che sono i gradi dell'igrometro. Allorchè questro strumento è stato costruito con tutta la diligenza possibile dà costantemente le stesse indicazioni, qualora concorrono le stesse circostanze di umidità o di secchezza. La distensione del capello per l'azione del calorico essendo picciolissi-

ma, dappoichè la differenza di 33° di temperatura fa variare l'igrometro di soli $^3/_4$ di grado, perciò si può trascurare l'alterazione prodotta dall'azione del calorico tra i limiti di temperatura dell'atmosfera.

272. Lo stato igrometrico dell'aria è il rapporto che vi è tra la quantità di vapori acquosi che essa contiene realmente, e quella che essa conterrebbe se ne fosse saturata compiutamente; ovvero è il rapporto delle forze elastiche dei vapori corrispondenti negli anzidetti due stati: or i gradi dell'igrometro non sono proporzionali agli stati igrometrici dell'aria, vale a dire marcando l'igrometro in due diversi tempi 22° e 29° questo non indica che gli stati igrometrici dell'aria, ovvero le quantità dei vapori contenuti nell'aria in questi due tempi sono nel rapporto di 22: 29, come si può vedere nella tavola seguente: perciò è stato necessario ritrovare mediante lunga serie di sperienze il rapporto che vi è tra queste due specie di quantità, il che ha dato luogo alla costruzione delle tavole in cui sono espressi questi rapporti.

La tavola seguente dà il rapporto delle quantità dei vapori acquosi nell'aria in corrispondenza delle indicazioni igrometriche.

Gradi dell'igrometro

0°, 22°, 39°, 53°, 64° 72°, 79°, 85°, 90°, 95°, 100,

Acqua nell'aria

0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0

Per determinare questi rapporti il signor Saussure prese un pallone pieno di aria secca fornito di un baro-

metro e di un termometro, e dopo avervi introdotto un igrometro, vi sospese dentro un pezzo di tela bagnato, che ne lo ritirò dopo qualche tempo; ed avendo pesato il pezzo di tela prima di sospenderlo nel pallone e dopo, la perdita di peso li diede la quantità di acqua contenuta nell'aria del pallone, che pose in relazione colla indicazione igrometrica; ma questo processo è molto inesatto per l'umidità assorbita dalle pareti del pallone, di cui è difficile tenerne conto.

Il signor Gay-Lussac ha adoperato con successo un altro metodo fondato sul principio, che, restando la temperatura la stessa, la tensione massima del vapore acquoso, somministrato da una dissoluzione salina posta in uno spazio determinato, è tanto più minore per quanto la dissoluzione è più concentrata. Stabilito su questo principio, situò dell'acqua satura di un sale sotto di un recipiente, in cui era posto l'igrometro; dipoi introdusse nel vuoto di un barometro una piccola porzione di questa dissoluzione, nel vuoto di un altro barometro introdusse una porzione di acqua pura alla stessa temperatura della dissoluzione, ed osservò le tensioni dei vapori in questi due apparecchi simili; il rapporto di queste due tensioni gli fornì lo stato igrometrico dell'aria del recipiente corrispondente al grado osservato sull'igrometro. Queste sperienze ripetute per un certo numero di tensioni differenti alla temperatura costante di 10° hanno dato luogo ad una tavola esattissima ch'è quella che segue.

Tavola dei gradi dell'igrometro a capello corrispondenti alle tensioni del vapore

Tensioni del vapore	Gradi dell'igrometro	Tensioni del vapore	Gradi dell'igrometro	Tensioni del vapore	Gradi dell'igrometro
0	0. 00	33	56. 27	66	82. 90
1	2. 19	34	57. 42	67	83. 48
2	4. 37	35	58. 58	68	84. 06
3	6. 56	36	59. 61	69	84. 64
4	8. 75	37	60. 64	70	85. 22
5	10. 94	38	61. 66	71	75. 77
6	12. 93	39	62. 69	72	86. 31
7	14. 92	40	63. 72	73	86. 86
8	16. 92	41	64. 63	74	87. 41
9	18. 91	42	65. 53	75	87. 95
10	20. 91	43	66. 43	76	88. 47
11	22. 81	44	67. 34	77	88. 99
12	24. 71	45	68. 24	78	89. 51
13	26. 61	46	69. 03	79	90. 03
14	28. 51	47	69. 83	80	90. 55
15	30. 41	48	70. 62	81	91. 05
16	32. 08	49	71. 42	82	91. 55
17	33. 76	50	72. 21	83	92. 05
18	35. 43	51	72. 94	84	92. 54
19	37. 11	52	73. 68	85	93. 04
20	38. 78	53	74. 41	86	93. 52
21	40. 27	54	75. 14	87	94. 00
22	41. 76	55	75. 87	88	94. 48
23	43. 26	56	76. 54	89	94. 95
24	44. 75	57	77. 21	90	95. 43
25	46. 24	58	77. 88	91	95. 90
26	47. 55	59	78. 55	92	96. 36
27	48. 86	60	79. 22	93	96. 82
28	50. 18	61	79. 84	94	97. 29
29	51. 49	62	80. 46	95	97. 75
30	52. 81	63	81. 08	96	98. 20
31	53. 96	64	81. 70	97	98. 69
32	55. 11	65	82. 32	98	99. 10
				99	99. 55
				100	100.00

Tavola delle tensioni del vapore corrispondenti ai gradi dell'igrometro a capello

Gradi dell'igrometro a capello	Tensioni del vapore	Gradi dell'igrometro a capello	Tensioni del vapore	Gradi dell'igrometro a capello	Tensioni del vapore
0	0. 00	34	17. 10	68	44. 89
1	0. 45	35	17. 68	69	46. 04
2	0. 90	36	18. 30	70	47. 19
3	1. 35	37	19. 92	71	48. 51
4	1. 80	38	19. 54	72	49. 82
5	2. 25	39	20. 16	73	51. 14
6	2. 71	40	20. 78	74	52. 45
7	3. 18	41	21. 45	75	53. 76
8	3. 64	42	22. 12	76	55. 25
9	4. 10	43	22. 79	77	56. 74
10	4. 57	44	23. 46	78	58. 24
11	5. 05	45	24. 13	79	59. 73
12	5. 52	46	24. 86	80	61. 22
13	6. 00	47	25. 59	81	62. 89
14	6. 48	48	26. 32	82	64. 57
15	6. 96	49	27. 06	83	66. 24
16	7. 46	50	27. 79	84	67. 92
17	7. 95	51	28. 58	85	69. 59
18	8. 45	52	29. 38	86	71. 49
19	8. 95	53	30. 17	87	73. 39
20	9. 45	54	30. 97	88	75. 29
21	9. 97	55	31. 76	89	77. 19
22	10. 49	56	32. 66	90	79. 09
23	11. 01	57	33. 57	91	81. 09
24	11. 53	58	34. 47	92	83. 08
25	12. 05	59	35. 37	93	85. 08
26	12. 59	60	36. 28	94	87. 07
27	13. 14	61	37. 31	95	89. 06
28	13. 69	62	38. 34	96	91. 25
29	14. 23	63	39. 36	97	93. 44
30	14. 78	64	40. 39	98	95. 63
31	15. 36	65	41. 42	99	97. 81
32	15. 94	66	42. 58	100	100.00
33	16. 52	67	43. 73		

Il signor Dulong ha usato un altro processo meno lungo e ugualmente esatto, come lo dimostra l'identità dei risultati ottenuti con quei del signor Gay-Lussac; ed il signor Melloni ha similmente immaginato, per costruire le tavole igrometriche, un processo più spedito di quello di Gay-Lussac; ma richiede un apparecchio più complicato e operazioni delicatissime.

273. Lo stato di umidità dell' aria minora andando nelle regioni elevate dell'atmosfera; nella sommità delle Alpi il signor Saussure non osservò mai l' igrometro oltrepassare i 40°; nei viaggi areostatici fatti dal signor Gay-Lussac a 6000 metri di altezza l' igrometro discese a 26°, marcando il termometro 10°, e osservò che il grado di secchezza è tale che il legname e la pergamena si torcono e cangiano di forma. È d' avvertirsi per altro che l' atmosfera non si trova giammai al massimo di umidità, cosicchè l' igrometro, anche nelle grandi piogge, non oltrepassa 95°.

Per dare maggior semplicità alla costruzione, e più precisione alle indicazioni dell' igrometro a capello, il signor Babinet ha ideato di osservare le sue variazioni con una vite micrometrica; il piccolo peso di questo igrometro è liberamente sospeso al capello, e si misura l' allungamento del capello direttamente, osservando, con un microscopio fissato sull' igrometro, un segno inciso sul piccolo peso. Il capello è attaccato superiormente all' estremità di una vite micrometrica, mediante la quale s' innalza o si abbassa, fino a che il segno coincide col filo del microscopio; l' allungamento si rileva dal movimento della vite micrometrica, avendo questa nella sua testa un bottone graduato che dà il comodo di

valutare le frazioni di giro, e conseguentemente le distensioni tenuissime del capello.

L' igrometro di Deluc differisce per poco da quello di Saussure; il capello è rimpiazzato da una laminetta sottilissima di osso di balena, questa perchè si allunga dippiù del capello nelle medesime circostanze, perciò si possono diminuire le dimensioni dello strumento, il che lo rende più comodo nei viaggi; ma siccome non è comparabile all' igrometro di Saussure, perciò per esso vi bisognano tavole igrometriche differenti, onde conoscere dalle sue indicazioni le quantità di vapori contenute nell' atmosfera.

274. Deluc immaginò un altro igrometro che ha la forma di un termometro, esso è formato da un cannuolo di penna da scrivere, o meglio da una palla di avorio vuota, con pareti sottilissime e con apertura, nella quale vi è masticato un tubo di vetro capillare; si riempie il cannuolo di penna, o la pallina di avorio e buona porzione del tubo capillare di mercurio ben purgato di aria e di umidità. L'umidità operando sul cannuolo di penna, o la pallina di avorio ne cangia la capacità, il che fa scendere o salire il mercurio nel tubo capillare.

Le corde di canapa, e molto più le corde di budello si storcono coll' umidità e se ne fanno igrometri, ma questi al pari del precedente non sono precisi e le loro indicazioni sono tardi; dappoichè l' umidità penetra queste sostanze a poco a poco, e nell' aria secca se ne pogliano anche lentamente. Le corde di budello sono comunemente usate per fare igrometri, che consistono in piccole scatole ordinariamente aperte nel davanti, un

piccolo disco di cartone è sospeso nel centro da un pezzo di corda, ch' è attaccata nel fondo della scatola coll' altro estremo; secondo che la corda si torce, o si storce per effetto dello stato igrometrico dell' aria, il disco gira da una parte o dall' altra; ordinariamente questo disco è situato orizzontalmente e sostiene due figurine, delle quali una apparisce nel tempo secco, e l' altra nel tempo umido; quest' ultima per lo più si guarnisce di qualche arnese di uso nel cattivo tempo; e talune volte la corda di budello è tesa orizzontalmente, e tira il disco pel suo orlo.

CAPITOLO IV.

Dei vapori considerati come forza motrice.

Della forza elastica dei vapori.

275. Una quantità di sperimenti possono convincerci della forza elastica dei vapori; questa forza è quella che agisce nelle macchine a vapore producendo una quantità di fenomeni, che apprestano all' industria i più importanti ufficii.

Si può dimostrare in un modo evidente la forza elastica del vapore prodotto alla temperatura ordinaria, da un liquido qualunqne, mediante il seguente sperimento; prendiamo ad esempio il vapore dell' etere: riempite di mercurio un tubo barometrico fino ad un mezzo pollice circa al di sotto della sua apertura, che finirete di empirlo con etere solforico, turate col dito fortemente l' apertura, e capovolgete il tubo immergendolo in un ba-

gno di mercurio; così disposto togliete il dito dall'apertura del tubo, osserverete che il mercurio nel tubo, si mette ad un'altezza di circa venti centimetri al di sotto di quello di un barometro posto nelle stesse circostanze, ovvero di un tubo similmente apparecchiato empito totalmente di mercurio e senza etere. L'altezza del mercurio nel tubo apparecchiato coll'etere, ch'è al di sotto di quella del barometro posto nelle stesse circostanze non si può attribuire ad altro, che alla forza elastica del vapore dell'etere che preme sulla superficie del mercurio, e l'impedisce di salire all'altezza barometrica, onde equilibrare la pressione dell'aria esteriore.

276. Il signor Dalton è stato il primo tra i fisici che si è occupato del modo di determinare la forza elastica del vapore di un liquido qualunque al di sotto del punto di ebollizione, e ne costruì alcune tavole, nelle quali sono indicate le forze elastiche o le tensioni dei vapori a diverse temperature. Questo dotto inglese assoggettò un tubo barometrico, apparecchiato nel modo detto di sopra, a diverse temperature, e notò in ciascun cambiamento di temperatura l'altezza del mercurio sì in questo tubo, che in quello di un barometro; la differenza di queste altezze li servì per valutare la forza elastica del vapore a quella temperatura. Per dare al liquido che somministra il vapore una temperatura determinata, circondò la parte del tubo barometrico che conteneva il vapore con altro tubo di diametro maggiore, che riempì di acqua a diverse temperature, indicate da un termometro che vi era immerso; e acciò le sperienze dassero esatti risultati fece in modo che tutta l'estensione del tubo piena di vapori, fosse esposta alla stessa tem-

peratura; e dippiù ridusse ad una stessa temperatura sì il mercurio del barometro che quello del tubo, onde rendere i risultati comparabili. Eseguendo altre sperienze sopra diversi liquidi osservò costantemente, che il vapore di ciascuno alla temperatura della sua ebollizione fa abbassare il mercurio nel tubo fino al livello del mercurio del bagno nel quale è immerso; dal che conchiuse che a questa temperatura ciascun liquido dà il vapore, che ha tale tensione da fare equilibrio alla pressione atmosferica, o ad una colonna di mercurio dell'altezza di circa $0^{m}.76$. Di fatti se i vapori nel tubo sono forniti dall'acqua, si osserva che qualora l'acqua nel tubo esteriore è in ebollizione, la colonna di mercurio nel tubo apparecchiato si abbassa fino al livello del mercurio del bagno.

Il signor Dalton usò benanche un altro metodo per determinare le forze elastiche dei vapori al di sotto del punto di ebollizione, il quale è fondato sul principio, che un liquido in ebollizione produce un vapore, di cui l'elasticità è uguale alla pressione a cui è sottoposto. L'apparecchio consiste in un matraccio di vetro A (Fig. 119) con due aperture, adattato su di un fornello ordinario, il quale contiene il liquido a sperimentare; per una delle aperture vi è immerso un termometro, e all'altra è adattato un tubo curvo che comunica in una delle imboccature laterali del recipiente B a tre aperture; per l'apertura di mezzo vi è immerso un barometro che fa conoscere l'elasticità del vapore nell'atto dell'ebollizione; nel mezzo del tubo curvo vi è adattato un refrigerante C che condensa il vapore, a misura che scappa dal matraccio, facendo sì che il liquido non si

dissecchi per l'ebollizione, e permette di dare all'esperienza quella durata che si vuole; dall'altra apertura laterale del recipiente parte altro tubo curvo che comunica con una macchina pneumatica. Il liquido riscaldadosi giunge ad una temperatura stazionaria ch' è quella dell'ebollizione sotto la pressione dell'aria interna, la quale mediante l'anzidetto apparecchio può succedere a quella temperatura che si vuole, potendosi far variare la pressione dell'aria interna; a questo modo si può costruire una tavola di corrispondenza tra la pressione dell' aria interna e la temperatura stazionaria del liquido.

277. Tra tutte le sperienza dirette a determinare le forze elastiche del vapore di acqua a temperature maggiori di 100° quelle intraprese dai signori Dulong e Arago hanno riscossa la maggior confidenza, sì per la gradezza e la conformazione degli apparecchi, come pure per le moltissime precauzioni prese onde allontanare le cause di errori. Queste ricerche furono eseguite per commissione dell' Accademia delle scienze di Parigi, che fu consultata di conoscere in un modo esatto e preciso la temperatura nella quale il vapore di acqua acquista una tensione data; nello scopo di prevenire le esplosioni delle caldaje delle macchine a vapore; esse sono di molta importanza nelle teoriche fisiche del calorico e dei gas, e forniscono dati indispensabili all' impiego del vapore di acqua come forza motrice.

I limiti tra i quali la forza elastica del vapore acqueo può essere messa in gioco nelle macchine a vapore sono tali che l'obbligò ad estendere le osservazioni almeno fino a venti atmosfere; stante che fin allora non si ave-

vano osservazioni al di là di otto atmosfere. Per valutare le tensioni del vapore, la maggior parte degli osservatori si erano serviti di una valvola sopraccaricata da diversi pesi fino a resistere agli sforzi del vapore; questo processo di misura è di facile esecuzione, ma può condurre ad errori gravi; perciò i signori Dulung e Arago ricorsero ad un mezzo più difficile ma meno inesatto, che fu quello di misurare direttamente la colonna di mercurio capace di far equilibrio coll'elasticità del vapore. Questo processo quantunque semplice in apparenza pure presenta grandi difficoltà, trattandosi di estendere la colonna di mercurio posta in un tubo di vetro ad un'altezza di 20 a 25 metri.

L'apparecchio potevasi ridurre a due parti solamente; cioè ad una caldaja per la produzione del vapore, ed al tubo contenente la colonna mercuriale; ma era a temersi che l'accrescimento molto rapido della tensione del vapore nell'atto del riscaldamento, e la diminuzione subitanea dovuta all'apertura della valvola di sicurezza, non apportassero scosse da poter danneggiare le pareti del tubo, o almeno mandar fuori una quantità di mercurio. Per impedire questi accidenti vi si aggiunse un manometro per servire di misura intermediaria o per termine di comparazione; perciò il travaglio generale fu diviso in due parti successive, cioè la graduazione del manometro, e la misura della tensione del vapore per mezzo di questo manometro graduato. Mediante queste operazioni, di cui il dettaglio può leggersi nel rapporto del signor Dulong fatto all'Accademia delle scienze di Parigi, i signori Dulong e Arago hanno determinata la forza elastica del vapore di acqua a tutte

le temperature comprese tra 100° e 224°. 1, e hanno trovato che essa varia tra questi limiti da una, a ventiquattro atmosfere; ed ecco la tavola che hanno costruita ricavata dalle loro osservazioni (1).

(1) Questi risultati non sono considerati come rigorosi dal Signor Gustavo Magnus (Annali di chim. e fis. 3ª serie T. 12); perchè, non ostante tutte le precauzioni usate, i vapori non possono avere nel sito ove esercitano la loro tensione la stessa temperatura della caldaja; conoscendosi che in uno spazio in cui i differenti punti sono a diverse temperature la tensione del vapore in esso contenuto è corrispondente presso a poco alla temperatura la mano elevata. Gli Accademici di Parigi osservarono soltanto la temperatura della caldaja, ch'è la più elevata dello spazio che contiene il vapore. Il signor Magnus crede che da questa cagione hanno potuto nascere le differenze dei risultati avuti da questi fisici e quelli dei scienziati del Comitato dell'Istituto di Franklin in Filadelfia (Encicoplct. Britt. T. 20° Pag. 588); esso preferisce un apparecchio la di cui descrizione può leggersi nella memoria citata, in cui la temperatura è determinata da un termometro ad aria, non solo per esser questo più sensibile; ma pel volume considerevole e la forma varia che si può dare al recipiente, potendo circondare tutto lo spazio contenente il vapore, e marcarne la temperatura con più esattezza.

Elasticità in atmosfere	Temperature in gradi centigradi	Elasticità in atmosfere	Temperature in gradi centigradi
1	100°	10	181°6
1 ½	112, 2	11	186, 03
2	121, 4	12	190
2 ½	128, 8	13	193, 7
3	135, 1	14	197, 19
3 ½	140, 6	15	200, 48
4	145, 4	16	203, 60
4 ½	149, 06	17	206, 57
5	153, 08	18	209, 4
5 ½	156, 8	19	212, 1
6	160, 2	20	214, 7
6 ½	163, 48	21	217, 2
7	166, 5	22	219, 6
8	172, 1	23	221, 9
9	177, 1	24	224, 2

Dalla tavola precedente risulta evidentemente che la tensione del vapore di acqua cresce in maggior proporzione della temperatura; questo risultato dei vapori acquosi, pare, per quanto se ne può giudicare da esperienze incompiute e per poco estese, fatte fin adesso su i vapori del mercurio, dell'alcool, e dell'etere, che sia applicabile in un modo generale alle forze elastiche dei vapori di tutt'i liquidi. Dalton credeva di aver rinvenuta una legge che avrebbe stabilita una relazione semplicissima tra le tensioni dei vapori dei differenti liquidi, la quale consisteva: che per uno stesso numero di gradi al di sopra o al di sotto del grado di ebollizione di ciascun liquido le forze elastiche dei loro vapori fos-

sero le stesse per tutti. Di fatti il mercurio bollendo a $+ 356°$, l'acqua a $+ 100°$, l' alcool a $+ 78°$, e l' etere a $+ 36°$; le forze elastiche dei vapori di mercurio a $+ 356° + 30°$ per esempio, dell' acqua a $+ 100° + 30°$, dell' alcool a $+ 78° + 30°$, dell' etere a $+ 36° + 30°$ fossero tutte uguali tra esse. Ma Dalton istesso ha conosciuto in seguito l' inesattezza di questa legge, conchiudendo che questa uniformità non si verifica per le temperature diverse da quelle dell' ebolizione dei liquidi.

278. Allorchè si fa passare un liquido nel vuoto barometrico dell' apparecchio di Dalton il vapore si sviluppa istantaneamente; e qualora il tubo che s' impiega in quest' esperimento, e la vaschetta di mercurio nel quale s' immerge hanno dimensioni convenienti, si osserva che abbassando o sollevando il tubo rapidamente, il che apporta una minorazione o un aumento nell'estensione della camera barometrica, il livello del mercurio nel tubo resta costantamente alla stessa distanza del livello del mercurio della vaschetta; or dunque la forza elastica resta costante, e siccome la temperatura del liquido è stazionaria, bisogna conchiudere che il vapore conserva la medesima densità, e che la sua massa aumenta o diminuisce in ragione dello spazio libero che se li fornisce. La velocità con la quale si produce il vapore in quest' esperimento è grandissima e quasicchè istantanea. Qualora poi la porzione superiore del tubo che contiene il liquido s'innalza successivamente a differenti temperature, la forza elastica osservata cangia dall' una all' altra temperatura; ma resta costante per ciascuna di esse quando si aumenta o si diminuisce lo spazio che può occupare il vapore, purchè il liquido che

lo fornisce sia in eccesso. Questo dimostra che la tensione, e conseguentemente la densità del vapore che si forma nel vuoto non dipendono che dalla temperatura.

279. L'ebollizione di un liqnido è caratterizzata principalmente dall' uguaglianza tra la pressione esteriore e la forza elastica del vapore che si forma; in quanto all' apparizione delle bolle esse non accompagnano sempre la formazione libera del vapore. Di fatti nell' esperienza precedente, qualora si solleva il tubo barometrico, il vapore che si forma ha una tensione esattamente eguale al vapore preesistente, nell' atto che non si osserva per nulla il fenomeno apparente dell' ebollizione, il che dipende dacchè lo spazio essendo limitato e piccolissimo, il vapore vi si sviluppa in un tempo cortissimo e inapprezzabile; cosichè quando lo spazio in cui si sviluppa il vapore è indefinito il fenomeno dell'apparizione delle bolle ha sempre luogo, a meno che, per certe circostanze, il vapore non si forma piuttosto alla superficie del liquido che in altri punti della sua massa. Qualora si situa un vase con acqua sotto la campana della macchina pneumatica, a ciascun colpo di stantuffo uscendo una porzione di vapore che occupava lo spazio del recipiente, succede lo stesso come se l'evaporazione si effettuasse in uno spazio indefinito; perciò si osserva in questo sperimento un' ebollizione vivissima, purchè l'attività della macchina abbia bastantemente diminuita la pressione interna, qualunque sia la temperatura del liquido.

Se poi il liquido ad evaporare è posto in un vase perfettamente chiuso, in modo che il vapore non abbia uscita da alcuna parte; malgrado che s' innalzi la tem-

peratura, non ha luogo l'ebollizione apparente; la massa del vapore aumenta, perchè la sua tensione e la sua densità crescono colla temperatura, in modo che situato un provino convenientemente nello spazio chiuso indicherà un accrescimento di tensione. Il signor Cagnard-Latour ha osservato che in queste circostanze l'acqua, l'etere, e gli altri liquidi finiscono per gassificarsi in totalità ad una certa temperatura elevatissima, vale a dire che passano istantaneamente dallo stato liquido allo stato gassoso senza che il loro volume aumenti in una grande proporzione. Per esempio, se si assoggetta ad un'alta temperatuta un tubo di vetro perfettamente chiuso e ben consistente, che contenga un quarto del suo volume di acqua, allorchè il liquido è in ebollizione, si osserva ad un certo tempo la massa liquida scomparire tutto ad un tratto, ed occupare allo stato di vapore uno spazio soltanto quadruplo di quello che occupava nello stato liquido. Per fare questo sperimento in modo da valutare la tensione del vapore il signor Caguard-Latour si è servito di un tubo ricurvo simile a quello di un barometro a sifone, ma molto più consistente (Fig. 120); il braccio lungo, chiuso, di un millimetro di diametro, racchiude l'aria per servire da manometro; il più corto di un diametro di 45 millimetri contiene il mercurio ed il liquido che si vuole sperimentare, che si chiude alla lampada nell'atto che il liquido è in ebollizione. Allorchè questo è l'etere o l'alcool, si può immergere il tubo colla sua curvatura in un bagno di olio posto su di un fornello, onde darli quella temperatura che si vuole, venendo questa indicata da un termometro che vi è immerso. Operando in

tal modo ha trovato che l'etere solforico si converte totalmente in vapore a 200° in un spazio meno del doppio del suo volume liquido, e che la tensione di questo vapore è di circa 38 atmosfere; a 259° l'acool si vaporizza totalmente sotto un volume triplo di quello corrispondente allo stato liquido, ed esercita allora una pressione di 119 atmosfere. Il bagno di olio non si può riscaldare fino a produrre il medesimo fenomeno sull'acqua, dappoichè bisognerebbe portare la temperatura dell'apparecchio fino a quella della fusione dello zinco, ed il tubo ricurvo non resistendo in queste circostanze non ha potuto valutarne la tensione corrispondente. Queste sperienze confermano una conseguenza dedotta dalla tavola; cioè, che la tensione e la densità de' vapori aumentano con più rapidità della loro temperatura.

280. Consideriamo sempre il caso di un vase perfettamente chiuso che contiene un liquido e il suo vapore: se la temperatura del liquido posto nel vase è superiore a quella dell'ebollizione dello stesso liquido posto all'aria aperta, la tensione del vapore interno sorpasserà la pressione dell'atmosfera; in modo che se al vase si pratica un'apertura, il vapore ne scappa con violenza, e potrà manifestare il fenomeno ordinario dell'ebollizione. Questi fenomeni possono osservarsi nell'apparecchio conosciuto col nome di *marmitta di Papino;* il quale consiste in un vase cilindrico di bronzo ben consistente (Fig. 121), in cui si mette dell'acqua, e si covre con un coverchio, che vi si comprime in tre o quatto punti dell'orlo mediante viti adattate, frapponendovi cartone bagnato in modo che l'apertura resti ermeticamente chiusa. Nella parte superiore dell'apparecchio vi è un'a-

pertura chiusa da una valvola, che viene compressa da una leva caricata da diversi pesi. Riscaldando quest' apparecchio chiuso, il liquido passa successivamente a temperature più alte, il vapore che si forma acquista tensioni crescenti che agiscono sulle pareti del vase, e potrebbero creparlo se non vi fosse la valvola; questa venendo premuta da dentro in fuora arriva un punto in cui questa pressione sorpassa la sua carica, allora si apre e dà uscita al vapore; per tale ragione il vapore non può acquistare una forza elastica superiore a quella necessaria per produrre quest' effetto. La carica della valvola essendo arbitraria, perciò si fa di tale quantità da limitare la tensione finale del vapore, o la temperatura massima che l' apparecchio può sopportare senza rompersi; perciò si dà ordinariamente a questa valvola il nome di *valvola di sicurezza*. Qualora nella marmitta di Papino, riscaldata al punto conveniente si toglie la valvola, il vapore scappa con sibilo, la temperatura si abbassa fino a 100°, ed il fenomeno si riduce a quello dell' ebollizione ordinaria dell' acqua.

Si può avere il fenomeno dell' ebollizione senza fare uscire il vapore raccolto nella parte superiore della marmitta o di un vase qualunque ben chiuso, che contiene un liquido qualunque riscaldato convenientemente, con mettere in contatto con la parete superiore della marmitta o del vase un corpo freddo. Per quest' esperimento può essere opportuno un fiasco di vetro, per metà pieno di acqua, che si fa riscaldare finchè il liquido è in piena ebollizione; in questo stato se si ritira il fiasco dal fuoco, turando prontamente la sua apertura, e capovolgendolo cessa il fenomeno dell'ebollizione; ma

il contatto col fondo del vase di un corpo freddo, come un pezzo di neve ed anche dell'acqua fresca, determina la formazione delle bolle nella massa liquida interna. La spiega di questo fenomeno è facile: il vapore in contatto del fondo del fiasco soffrendo un abbassamento di temperatura pel contatto del corpo freddo si liquefà in parte, e la sua tensione venendo diminuita, il liquido sottoposto può somministrare nuovo vapore.

281. Su questo fatto poggia la teorica del condensatore di Watt, che può esser generalizzata a questo modo: allorchè uno spazio chiuso contiene un liquido col suo vapore alla temperatura T, e dippiù evvi un corpo, o semplicemente una superficie mantenuta ad una temperatura t minore di T, il vapore passa nella forma liquida pel contatto colla superficie fredda, e questo si ripete fino a che tutto il liquido caldo si sia gassificato; allorchè l'equilibrio è ristabilito, ed il liquido precipitato verso la parete fredda ha la temperatura t, il vapore che riempie lo spazio chiuso possede una forza elastica corrispondente a questa ultima temperatura. Stabilito questo principio, supponiamo che lo spazio chiuso sia diviso in tre parti (Fig. 122), una di esse ch'è A contiene acqua calda, l'altra B che comprede il vapore, e la terza C è il refrigerante; due rubinetti R ed R' stabiliti nelle pareti laterali della parte media servono per aprire o chiudere la comunicazione fra questa e le parti estreme. Allorchè si apre il rubinetto R e si chiude R', B si riempirà di vapore alla temperatura T; se al contrario si chiude il rubinetto R, e si apre R' una porzione del vapore contenuto dalla porzione B si liquefarà, e nello stato di equilibrio non si avrà che una tensione corrispon-

dente alla temperatura del refrigerante. Quest' apparecchio si può ravvisare in tutte le macchine a vapore: la caldaja è rappresentata dalla capacità A, il cilindro dallo spazio B, ed il condensatore dal refrigerante C. Il cilindro contiene uno stantuffo ch' è messo in movimento dalle differenti tensioni del vapore, corrispondenti ai due stati di equilibrio.

Nella macchina a vapore di Watt, detta a semplice effetto, l' asta dello stantuffo è fissata mediante articolazione ad una estremità di un bilanciere, che porta all' altro estremo un contrappeso conveniente (Fig. 123); qualora il cilindro comunica colla caldaja il vapore che lo riempie ha una forza elastica corrispondente alla pressione di un' atmosfera; che equivale a circa 76 centimetri di mercurio; si vede bene che lo stantuffo è premuto da forze uguali, cioè da sotto in sopra dalla forza del vapore uguale al peso di un' atmosfera, e da sopra in sotto dal peso proprio dell'atmosfera, e l'azione del contrappeso lo fa innalzare; giunto ch' è nella massima elevazione la comunicazione R con la caldaia si chiude, e la comunicazione R′ col condensatore si apre contemporaneamente, ed il cilindro acquista una tensione corrispondente alla temperatura del condensatore, ch' è ordinariamente di 30°; questa tensione equivalente ad alcuni centimetri di mercurio, viene superata dal peso della colonna atmosferica che agisce sullo stantuffo da sopra in sotto; lo stantuffo si abbassa sollevandosi contemporaneamente il contrappeso o la resistenza che si deve vincere, la di cui grandezza deve esser tale da produrre quest'effetto.

Nella macchina a vapore a doppio effetto le co-

municazioni sono doppie, e doppii sono i rubinetti R e R'; le parti del cilindro separate dallo stantuffo comunicano alternando una colla caldaja, mentre che l'altra comunica col condensatore (Fig. 124). Lo stantuffo viene dunque premuto da una parte con la tensione che è nella caldaja, e dall'altra con quella del condensatore, perciò caminerà nella direzione della pressione maggiore; ma qualora la sua corsa è terminata in un senso, le comunicazioni si stabiliscono in un ordine inverso, e il suo movimento cambia di direzione. L'asta dello stantuffo traversa il fondo superiore del cilindro in una scatola a cuojo per agire su di una dell'estremità del bilanciere, onde obbligarlo a vincere la resistenza applicata all'altra estremità.

Il condensatore è ordinariamente una cavità nella quale si fa pervenire l'acqua alla temperatura ordinaria, mediante un pomo d'innaffiatojo; il contatto dell'acqua col vapore determina la liquefazione di quest'ultimo o la sua condensazione. Allorchè s'impiega il vapore a temperature maggiori di 100°, o che è lo stesso, che ha una forza elastica corrispondente a più atmosfere, si usa spesso di mettere in comunicazione con l'aria esteriore quella porzione del cilindro in cui la tensione deve essere più debole, nel qual caso l'aria è il vero condensatore, e la macchina a vapore è detta ad alta pressione. Una valvola caricata di pesi convenienti disposta nella parte superiore della caldaja, come nella marmitta di Papino, regola il modo di ottenere il vapore motore a quella tensione che si vuole.

La condensazione del vapore è senza dubbio la cagione fondamentale degli effetti delle macchine a fuoco,

ma esso non occupa che una piccolissima parte nella descrizione di questo genere di motore. Per averne un'idea compiuta bisogna dettagliare i diversi meccanismi, che servono a trasformare il movimento dello stantuffo, per farli produrre un effetto utile, ad aprire e chiudere i rubinetti a tempo opportuno, e ad intromettere l'acqua fredda nel condensatore e nella caldaja per alimentarla; bisogna dippiù descrivere i mezzi più economici e solleciti, e le numerose precauzioni che bisogna prendere per regolare la forza del vapore, e prevenire i danni che può produrre; ma di tutto questo n'esporremo un cenno tra poco.

282. Il fatto sul quale è fondato il condensatore di Watt, è servito al signor Gay-Lussac per base di un apparecchio da lui immaginato per misurare le tensioni del vapore a temperature uguali o inferiori a 0°; il tubo barometrico (Fig. 125) nel quale s'intromette il liquido che deve somministrare il vapore è curvato nella sua sommità, e questa parte è intromessa in un refrigerante ridotto per mezzo di miscele frigorifere a quella temperatura nella quale si vuole eseguire l'esperimento. Il liquido si vaporizza totalmente per poi liquefarsi, e anche congelarsi nella parte raffreddata del tubo: allorchè vi è equilibrio il vapore non ha che la tensioni corrispondente alla temperatnra della miscela frigorifera; e un barometro postovi a fianco marca la depressione prodotta da questa tensione. A questo modo il signor Gay-Lussac ha trovato che la forza elastica del vapore di acqua essendo di 5 millimetri circa a 0° è di $4/5$ di millimetro a — 20°.

283. I fatti fin ora esposti bastano per dar conoscen-

za delle proprietà generali dei vapori, le quali possono reassumersi nel modo seguente. Allorchè uno spazio limitato, e senz' altra materia ponderabe, racchiude tutto il vapore che può contenere a quella temperatura alla quale trovasi esposto, si dice che esso è saturato di vapore; e il vapore in questo caso ha la massima tensione, e la maggiore densità che può avere a questa temperatura, e dicesi *vapore a saturazione*, o *vapore al maximum* di tensione; aumentando o diminuendo la temperatura il volume non varia per niente, soltanto la tensione e la densità del vapore a saturazione in contatto col suo liquido aumentano o diminuiscono; in questo caso è sottopotto a leggi differentissime di quelle che regolano la pressione e la densità di un gas permanente: da poichè se uno stesso volume di gas passa dalla temperatura di 0° a quella di 100°, la sua densità non si altera punto, e la sua forza elastica aumenta nel rapporto di 1: 1. 475; qualora tra lo stesso limite di temperatura uno stesso volume di vapore di acqua, per esempio, in contatto coll' acqua liquida aumenta di molto in densità, ed acquista una forza elastica di molto maggiore, nel rapporto di 5: 760 millimetri, o di 1 : 152; se poi il vapore non è in contatto col suo liquido, che possa aumentarne la massa allorchè la temperatura s' innalza, la sua tensione sotto lo stesso volume aumenta colla temperatura, seguendo la stessa legge che regola la tensione de'gas nelle stesse circostanze. Allorchè lo spazio non è saturo di vapore, in modo che non è nel suo *maximum* di tensione, la sua forza elastica diminuisce col diminuire la temperatura, come quella di un gas permanente; ma questo vapore, di cui la densi-

tà non si altera, finisce con saturare lo spazio proposto ad una certa temperatura minore di quella da cui si è partito; la legge di minorazione di tensione cambia da quest'epoca, perchè il vapore si liquefà in parte per un nuovo abbassamento di temperatura, e così si trova in contatto col suo liquido, come nel caso precedente.

Essendo la temperatura costante ed il vapore in contatto col suo liquido, variando il volume la massa di vapore a saturazione aumenta e diminuisce proporzionalmente al volume, e la sua densità e la sua pressione non cambiano per nulla; il che è ben diverso in un gas permanente in cui la densità e la forza elastica variano nel rapporto inverso del volume, restando la massa e la temperatura le stesse. Se poi il vapore non è in contatto col suo liquido, la sua tensione e la sua densità diminuiscono allorchè il volume aumenta, in corrispondenza della legge di Mariotte. Ma se il vapore non satura lo spazio, la sua tensione aumenta come quella di un gas, qualora lo spazio o il volume del gas si restringe senza apportar cangiamento di temperatura, e la sua tensione aumenta fino a che questo volume sia ristretto di tanto, che la quantità di vapore primitivo possa saturare questo spazio ridotto; da quest'epoca la tensione del vapore resta costante. Da queste proprietà generali dei vapori si possono dedurre le differenze dai gas permanenti, che sono cioè; qualora i vapori non sono in contatto col loro liquido essi presentano gli stessi fenomeni dei gas permanenti, variando il volume e la temperatura; ma allorchè sono in contatto del liquido che li ha prodotti, o che sono costretti a li-

quefarsi, i vapori seguono leggi particolari e differenti da quelle dei gas permanenti.

Non abbiamo alcuna ragione per stabilire una differenza naturale tra i gas permanenti ed i vapori, anzi al contrario dobbiamo ammettere la loro identità; perchè i vapori racchiusi in uno spazio che essi non saturano si comportano come i gas per le variazioni di temperatura e di pressione che non li fanno giungere al grado di saturazione; e reciprocamente i gas permanenti si conducono come i vapori che hanno temperature più elevate, o densità minori di quelle corrispondenti al loro punto di saturazione. Questa identità è stata verificata colla liquefazione di certi gas che si credevano permanenti, o assoggettandoli a forti pressioni come fece Faraday, ovvero esponendoli a temperature bassissime come fece Bussy, siccome abbiamo detto parlando de'fluidi elastici.

Mescolanza dei gas con i vapori.

284. Dalton ha dimostrato che qualora i vapori si uniscono ai gas la forza elestica della mescolanza corrisponde alla forza elastica dei vapori e dei gas comulati, ciascuno di essi essendo rapportato al volume totale. Fondandosi su questo principio il signor Gay-Lussac ha ideato un apparecchio che serve a verificare la legge seguente, ed è, che la forza elastica del vapore capace di saturare un certo spazio ad una data temperatura è la stessa se questo spazio è vuoto, ovvero contiene uno o più gas, più o meno dilatati. Quest'apparecchio si compone da un largo tubo di vetro verticale, graduato in

parti di uguali capacità; ed è masticato nelle due estremità in due ghiere metalliche fornite ciascuna di un rubinetto. Qualche linea al di sopra del rubinetto inferiore vi è innestato un piccolo tubo di vetro di due a tre linee di diametro che s'incurva perpendicolarmente per aprirsi nell'atmosfera (Fig. 126). Il grande tubo si riempie di mercurio recentemente bollito; al di sopra dell'apparecchio si avvita un pallone di vetro rovesciato munito di altro rubinetto, che contiene aria atmosferica o altro gas ben secco. Allestito così l'apparecchio si apre il rubinetto superiore, e di poi quello posto alla base del tubo, acciò una porzione di mercurio se ne scola, è una porzione di gas del pallone entra nel gran tubo; si chiudono i rubinetti quando si è immessa nel grande tubo una quantità bastante di gas; si riduce la pressione dell'aria interna a quella dell'atmosfera, introducendo altro mercurio pel piccolo tubo, finchè il livello in questo corrisponde esattamente a quello del grande tubo, di poi si osserva il volume V del gas secco nel grande tubo. Dopo questa prima operazione si svita il pallone dalla sommità del tubo, e nello stesso posto si adatta un rubinetto sormontato da un imbutino con il liquido che deve somministrare il vapore; si apre per poco il rubinetto, in modo da far cadere il liquido a gocce a gocce nel gran tubo, fino a che il gas secco venghi salurato di vapore, il che si conosce quando il livello del mercurio nel tubo stretto non s'innalza più. Allorchè il gas è saturato il volume è cresciuto; si riduce al volume primitivo V aggiungendo altro mercurio nel piccolo tubo; in questo stato la differenza di livello nei due tubi misura evidentemente l'aumento di

forza elastica dovuto alla formazione del vapore nel volume invariabile occupato dal gas, o la tensione di questo vapore solo. Or se alla stessa temperatura nella quale si è eseguito l' esperimento precedente, s' intromette lo stesso liquido nel vuoto di un barometro, si ha una depressione nella colonna barometrica, che si trova esattamente uguale alla differenza di livello dei due tubi nell'esperimento precedente; dal che si conchiude che la tensione e per conseguenza la densità del vapore che satura un certo spazio ad una temperatura data restano le stesse, sia questo spazio vuoto o occupato da un gas.

Il signor Gay-Lussac ha modificato il suo apparecchio sopprimendo il rubinetto superiore; dappoichè introducendo nell' apparecchio un liquido capace di sciogliere la sostanza untuosa, che si usa nei rubinetti per farli chiudere bene, come sarebbe l'etere, questi così ridotti possono dar uscita al gas dall'interno dell' apparecchio, o permettere chi vi s' introduca aria esteriore. L' apparecchio così modificato è rappresentato dalla (Fig. 127); il mercurio vi s' immette pel rubinetto sottoposto, e si dispone nella sua posizione ordinaria in una vaschetta a mercurio; di poi s' introduce nel tubo laterale una piccola colonna di etere o di altro liquido, che si fa passare nel grande tubo, con fare colare pel rubinetto sottoposto tanto mercurio, fino a che il livello nel piccolo tubo si metta al di sotto dell' orificio di comunicazione col grande tubo; finalmente si rimette altro mercurio per l'apertura del piccolo tubo: per tutto il resto si opera come si è detto di sopra. Da diversi sperimenti si conosce, che uno spazio limitato di gas, es-

scendo in contatto con un liquido si satura di vapori come se fosse vuoto; nè vi è altra differenza che nella rapidità colla quale si opera l'evaporazione, ottenendosi istantaneamente nel vuoto, ed impiegando un certo tempo per formarsi in un luogo già occupato da un fluido elastico. Lo stesso avviene qualora lo spazio proposto racchiude diversi gas, o gas con altri vapori, purchè non sieno al caso di agire chimicamente su quelli che si vogliono sperimentare; come i vapori di acqua nel gas ammoniacale, quelli dell' alcool nel gas acido idroclorico, ec; osservandosi che il vapore si sviluppa sempre nella stessa quantità come se lo spazio non contenesse alcun'altra materia ponderabile.

Delle macchine a vapore.

285. Le macchine a vapore sono divenute da diversi anni di un'applicazione sì estesa nelle arti, e nel commercio, che non si può fare a meno di darne una certa conoscenza in un'opera elementare.

L' azione di queste macchine dipende dallo sviluppo della forza elastica del vapore di acqua per l' influenza del calorico. Noi conosciamo che l'acqua in ebollizione all'aria libera dà un vapore capace di vincere la pressione atmosferica, ovvero di fare equilibrio ad una colonna di trentadue piedi di acqua; e che questa forza si accresce con crescere la temperatura, dappoichè essa è doppia a 122°, tripla a 135°. ec. Or questa forza si è cercato di utilizzare, ed ha ricevuto da qualche tempo un'applicazione estesissima; talmente che ora non solo si adopera come agente luogomotore, ma rimpiazza con

una superiorità incontrastabile le forze muscolari, quelle prodotte dall' acqua in movimento, e dal vento.

286. I motori inanimati comunemente usati sono l' acqua e l' aria in movimento; la loro potenza è indipendente dalla volontà dell' uomo, nè questo può aumentarla oltre i limiti naturali, e farne uso dovunque in corrispondenza de' suoi desiderj, nè può modificarla facendola corrispondere perfettamente a suoi bisogni; vale a dire non può in un modo preciso proporzionare la forza al lavoro che intende di eseguire, ma al contrario deve accomodare il lavoro alla forza di cui può disporre. Con caratteri ben diversi presentasi al nostro esame la forza motrice del vapore, caratteri che la distinguono da ogni altra: dappoichè se questa forza non è sempre, e dovunque la più economica, sotto altri rapporti è da considerarsi la più vantaggiosa. Di fatti questa forza si può produrre dovunque si ha acqua e combustibile; se ne può accrescere l' intensità a piacere, estenderne o restringerne i limiti, e si può metterla in attività e sospenderla a volontà; perciò questo motore a giusta ragione è da riguardarsi come quello che presenta maggiori mezzi all' industria, e che si presta a tutte le combinazioni che un ingegno meccanico possa inventare.

287. Sarebbe cosa disagevole il ricercare a chi si deve la prima idea dell' uso del vapore come forza motrice, il che non c' interessa da vicino: ma per quanto si conosce le prime idee della forza del vapore vennero suggerite dall'Eliopila, e si sa che Vitruvio che scriveva nel tempo di Augusto si servì di quest' apparecchio per dimostrare gli effetti del vento. Il sig. Arago fa cre-

dere che Erone Alessandrino, che visse 120 anni prima dell'era cristiana, Blasco de Garai nel 1543, Salomone di Caus nel 1615, e Branca nel 1629 avevano descritti gli effetti principali del vapore e ideati alcuni metodi per adoperarlo come forza motrice; contrastando agl'inglesi i quali pretendono che il Marchese di Wolcester ne sia l'inventore; e Savery, Newcoman Beighton, essere stati i primi ad applicarlo come una forza in meccanica.

La prima descrizione metodica e chiara della macchina a vapore è quella al certo pubblicata da Dionigi Papin nel 1690 e 1695; dalla quale descrizione si rileva che dapprima avesse tentato di fare un vuoto in un cilindro mediante la polvere da sparo, ed essendoli riuscito impossibile, cercò di ottenere lo stesso scopo con l'acqua riducendola in vapore, e quindi condensandola col freddo; la macchina che propose consisteva in un cilindro di lamina metallica molto sottile, fornito di uno stantuffo che vi si moveva liberamente; facendo discendere lo stantuffo finchè si metteva con la sua superficie inferiore in contatto coll'acqua posta nel fondo del cilindro, lasciandone uscir l'aria frapposta per un'apertura praticata nello stantuffo che di poi veniva chiusa da un otturatore; applicando il fuoco sul fondo del cilindro, l'acqua riducevasi in vapore ed alzava lo stantuffo superando la pressione atmosferica; sospendendo il fuoco il vapore si condensava pel raffreddamento, e lo stantuffo discendeva con una forza eguale al peso dell'atmosfera. Papin annunzia che tale invenzione è applicabile ad estrarre l'acqua dalle miniere, o ad innalzar le bombe, e a rimurchiar le navi contro il vento e la marea; in

ultimo propose di adattar due ruote a pale ai fianchi dei bastimenti, dando loro un moto rotatorio mediante due o quattro di questi apparecchi, cangiando, con opportuno meccanismo, il movimento rettilineo prodotto dagli stantuffi in movimento circolare. Papin fu quindi il primo ad immaginare una macchina a vapore a stantuffo, a scorgere nel vapore un mezzo semplice di fare il vuoto rapidamente nella capacità di una tromba, mettere in attività mediante la stessa macchina la forza elastica del vapore, e la sua condensazione; e finalmente a presagire gli effetti meccanici che potevansi sperare da questa forza, cangiando il movimento rettilineo alternativo dello stantuffo in movimento di rotazione continuo. Per altro sembra che Papin non fosse riuscito a mettere in pratica la sua invenzione, forse per cagione di non essere stato avvicinato in quei tempi da artefici che avessero potuto abbracciare le sue idee, sì lontane da quelle che li erano fornite dagli ordinarii loro lavori.

A Papin successe Savery che ottenne per la sua macchina un privilegio nel 1698, il primo accordato per macchina a vapore; questa macchina adoperata soltanto per inalzare l'acqua, fu la prima che realmente diede un effetto utile.

Nel 1699 Amontons pubblicò la descrizione di una macchina che doveva essere posta in movimento dall'elasticità dell'aria dilatata dal calorico.

Finalmente nel 1705 Newcomen domandò un privilegio per la macchina a vapore atmosferica, la quale consisteva in un cilindro aperto nella parte superiore, nel quale scorreva uno stantuffo, al di sotto del quale si faceva il vuoto, empiendone lo spazio di vapori e quin-

di condensadolo , in modo che lo stantuffo veniva cacciato in alto dalla forza elastica del vapore , e di poi spinto in basso dalla pressione atmosferica qualora il vapore veniva compresso. Questa macchina, di cui l'idea principale era presa dagli scritti di Papin, fu molto usata, e impiegata utilmente a diversi usi, e si sostenne fino a che ebbero luogo i grandi prefezionamenti introdotti del celebre Watt.

Un fanciullo chiamato Onofrio Potter incaricato di girare i rubinetti di una di queste macchine, immaginò di legarli con alcune funi e uncini alla leva del bilanciere, acciò il movimento di questo servisse per girarli al punto conveniente.

Errico Beighton , morto nel 1744, migliorò la costruzione della macchina di Newcomen, e pubblicò alcuni calcoli sugli effetti del vapore. Leupold nel 1720 suggerì una macchina a due trombe , i di cui stantuffi venivano alternativamente sollevati dalla forza elastica del vapore, a tensione di molto superiore a quella dell'atmosfera. Gionata Hulls chiese il primo un privilegio per muovere una barca colla macchina di Newcomen, e pubblicò la descrizione del suo progetto nel 1737. In seguito Payne , Gensanne , il portoghese De Moura, Fitzgerald, Brindley, Black , e sopra ogni altro Smeaton si occuparono dei mezzi onde facilitare la produzione del vapore, del miglior uso di questo, e delle modificazioni nella costruzione delle macchine a vapore. Finalmente nel 1769 sorse il celebre Watt , che di tanto lasciò indietro tutti quelli che l'avevano preceduto in queste ricerche, che a giusto titolo si potrebbe chiamare il creatore delle macchine a vapore: dai perfeziona-

menti apportati da questo, tali macchine divennero di un' applicazione e di un' uso, per dir così, generale, avendo apportata benanche molta economia nel combustibile. Watt fu sostenuto in sì bella impresa dal suo socio Bulton che non mancò d' incoraggiarlo, e di assisterlo con tutt' i suoi capitali, non ostante gli ostacoli che s' incontravano in ogni passo. La condensazione del vapore in vaso a parte, la sostituzione di esso alla pressione atmosferica furono i perfezionamenti più importanti che debbonsi a Watt, dai quali ne derivarono conseguenze rilevantissime. Hornblower nel 1781 propose una macchina ad espansione a due cilindri, e una macchina rotatoria. Jouffroy, Miller, Symington dal 1781 al 1801 costruirono grandi barche e vapore, le quali per altro solo nel 1807 vennero impiegate da Fulton in America, e nel 1811 da Bell in Inghilterra. Cartwright, Curt, Nicholson, Murray, Murdoch, Bramah, Brakey Woolf, Evans, ed altri proposero varii miglioramenti più o meno importanti nelle macchine a vapore; Trewithick e Vivian suggerirono i primi le macchine a vapore ad alta pressione e senza condensazione, che oggi si usano nelle strade ferrate; Perckins fece interessantissimi sperimenti sul vapore a fortissime tensioni; finalmente sparsero gran lume su tale argomento gli scritti di molti dotti, e fra questi quelli principalmente di Prony, Betancourt, Banks, Robison, Fenwick, Dalton, Southern, Clement, Desormes, Ure, Taylor, Tredgold, ed altri.

288. Le macchine a vapore di antica costruzione sono a semplice effetto, in queste il vapore agisce su di una sola faccia dello stantuffo. Le macchine a vapore

che si costruiscono ora sono a doppio effetto, perchè il vapore agisce alternativamente sulle due basi dello stantuffo; queste sono a bassa, a media, e ad alta pressione; secondo che il vapore nella caldaja ha una forza elastica corrispondente al peso di una, due, tre, ec. atmosfere; dippiù in alcune macchine il vapore dopo di aver esercitata la sua forza ad una temperatura poco differente da quella della caldaja si dilata senza aggiunzione di calorico, e produce un certo effetto; queste macchine sono chiamate dai Francesi a *dètentè*, e dagli italiani macchine ad espansione; esse possono essere a condensazione, e sensa condensazione.

Macchina a semplice effetto, o macchina atmosferica

289. Questa macchina posta in opera per la prima volta da Savery, perfezionata da Newcomen e Cawley corrisponde presso a poco alla macchina descritta da Papin: essa è rappresentata dalla Fig. 128. Una caldaja munita della sua valvola di sicurezza somministra il vapore, ed è posta sotto lo stantuffo A′B′; la temperatura di questo vapore è superiore a 100°, ed esso può essere immesso a piacere nel corpo di tromba mediante il rubinetto R, che stabilisce ed interrompe la comunicazione tra la caldaja ed il corpo di tromba; un piccolo canale laterale th, che s'apre da dentro in fuori, è destinato a far uscire l'aria posta al di sotto dello stantuffo. Allorchè lo stantuffo è pervenuto nel basso non vi resta al di sotto di esso che una piccola porzione di aria; se in questo stato si apre il rubinetto R della caldaja, il vapore perviene nel corpo di tromba al di sotto dello

stantuffo, ne scaccia l'aria pel tubo th, e la sua forza elastica farà montare lo stantuffo P', e allorchè è giunto al più alto punto della sua corsa, si chiude il rubinetto R, e contemporaneamente se ne apre uno più piccolo, pel quale s' immette nel corpo di tromba l'acqua fredda posta in un serbatojo a poca distanza; quest' acqua condensa il vapore, l'acqua prodotta dalla condensazione del vapore, come pure l' acqua injettata si scarica per un tubo laterale; si produrrà in tal modo un vuoto quasi compiuto al di sotto dello stantuffo P', e la pressione atmosferica che agisce su questo stantuffo lo fa discendere, e contemporaneamente fa innalzare, per mezzo della leva arcata CDC'D', lo stantuffo P di una tromba destinata ad innalzare l' acqua da un pozzo sottoposto. Il vapore non serve, per dir così, che a produrre il vuoto al di sotto dello stantuffo P, il peso dell'atmosfera è quello che dà movimento allo stantuffo; perciò questa macchina è stata chiamata macchina atmosferica.

L' acqua ha almeno una temperatura di 100° nel momento in cui il vapore si precipita al di sotto dello stantuffo, la sua temperatura si accresce nel tempo che il rubinetto R sta chiuso, e parimenti la tensione del vapore aumenta nella caldaja, e potrebbe accrescersi di tanto da farla crepare; perciò nella sua sommità vi è adattata una valvola che si apre da sotto in sopra, caricata da un peso determinato, acciò si apra ad uno sforzo inferiore di quello che può sostenere la caldaja, per dar uscita al vapore, e così toglie il pericolo dell'esplosione; ma siccome la valvola può, o per adesione o per

altra causa, non cedere a quel dato sforzo, perciò è sempre cosa ben fatta il fare la caldaja ben solida.

Uno dei perfezionamenti in questa macchina si fu quello apportato dal fanciullo Potter di far aprire e chiudere i rubinetti da se, e con più regolarità di quella che veniva eseguito da un operajo, facendo comunicare il movimento dell' asta dello stantuffo alla gruccia dei rubinetti ; la quale invenzione fu migliorata da Beighton.

Non ostante questo perfezionamento, questa macchina ha grandi inconvenienti, tra i quali sono da notarsi principalmente ; 1° il raffreddamento delle pareti del cilindro e dello stantuffo, prodotto ad ogni colpo dall'injezione nel cilindro sì dell' acqua che dell' aria fredda ; 2° la intermittenza dell' azione, la quale divenendo passiva per una metà del movimento, aveva bisogno di un contrappeso per essere superata, che per sollevarlo s' impiegava una porzione della forza ; 3° quest' azione non essendo continuata e regolare non poteva avere un' applicazione generale, ma soltanto in alcuni casi particolari. Le ingegnose ricerche di Watt ridussero queste macchine ad agire da se sole, e con una regolarità di cui non avevasi esempio prima di lui. Le sue prime idee furono dirette a corregere le cagioni di raffreddamento che vi erano nella macchina di Newcomen, con far avvenire la condensazione del vapore in un vase a parte che chiamò *condensatore*, di circodare il cilindro di un corpo cattivo conduttore del calorico, per mantenerlo alla temperatura del vapore della caldaja; e per evitare il freddo prodotto dall' ingresso dell' aria, fece sì che il vapore oltre a fare il vuoto premesse lo stantuffo,

in modo che il cilindro in cui questo si muove non fosse in contatto che col vapore soltanto.

Macchina a doppio effetto.

290. La macchina che abbiamo descritta non ostante le interessanti modificazioni di Watt aveva tutti gl'inconvenienti dell' intermittenza , operando la forza motrice soltanto nel momento che scendeva lo stantuffo ; dippiù il contrappeso apportava in essa un discapito di forze continuato per esser rialzato. Questi inconvenienti non sfuggirono alle assidue cure di Watt che condusse queste macchine all' odierna perfezione, e le rese atte a quella moltiplicità di usi, a cui si addicono attualmente, e ciò l' ottenne con far agire il vapore alternativamente nelle due facce dello stantuffo. La Fig. 129 rappresenta la macchina di Watt perfezionata come si trova adesso : il vapore passa dalla caldaja nell' intervallo posto tra il cilindro AA e il suo inviluppo CB , e mediante un meccanismo particolare che apre e chiude le valvole, va ad agire alternativamente al di sopra e al di sotto dello stantuffo P, e passa quindi nel condensatore. L' asta dello stantuffo è mantenuta verticale mediante un parallelogramma LK ; il movimento dello stantuffo si trasmette all' estremità del bilanciere TH che all' altra estremità si unisce a cerniera con una manovella MN che fa girare l'asse R della ruota S ; così il movimento rettilineo dello stantuffo si cambia in un movimento di rotazione. Le particolarità di questo meccanismo possono conoscersi in opere speciale.

Macchina di Woolf, a media pressione e ad espansione.

291. Il signor Woolf ha impiegato certe macchine a due cilindri che agivano alla pressione di due o tre atmosfere. In queste macchine il vapore della caldaja ha una temperatura superiore a 100°; i due cilindri sono di uguali altezze, e le loro basi si fanno di grandezze proporzionali all' espansione che si vuol dare al vapore; cosicchè la forza elastica del vapore nella caldaja o nel piccolo cilindro essendo di tre atmosfere, il grande cilindro si farà di una base di estensione tripla di quella del piccolo, qualora l'espansione si vuole di tanto da ridurre la tensione ad un'atmosfera; ma vi è sempre vantaggio portarla fino ad una mezz' atmosfera. Le aste dei due stantuffi sono attaccati allo stesso bilanciere, in modo che si abbassano e si alzano contemporaneamente. Il vapore entra nel piccolo cilindro, e dall' alto di questo s' immette per la base nel gran cilindro, e viceversa dalla base del piccolo cilindro nella sommità del grande (Fig. 130), e dopo di aver agito nel piccolo e nel gran cilindro passa nel condensatore; per trattenere il vapoad una temperatura quasi uniforme nei due cilindri, il signor Woolf inviluppò i due cilindri in un terzo cilindro di ferro fuso; due tubi che partono dalla caldaja comunicano uno alla parte superiore dell' inviluppo l'altro alla parte inferiore, e da questo nel piccolo cilindro. Il vapore agisce con tutta la sua forza sul piccolo stantuffo, poi si dilata sotto il grande stantuffo, in modo che al momento che penetra nel condensatore la sua

temperatura si è di molto abbassata dietro l' espansione. Questa macchina è rappresentata dalla Fig. 131): A A è un piano di ferro fuso sul quale la macchina è poggiata, B B il livello del suolo. Si suppone qui tolto tutto ciò che poteva impedire di mettere a nudo le diverse parti della macchina; CC è un bilanciere formato da un sol pezzo di ferro fuso sostenuto da un appoggio a a, che varia nella forma in corrispondenza della forza della macchina e della località, D volante in ferro fuso fatto da sei pezzi uguali ben connessi con chiavarde, E tubo che porta il vapore dalla caldaja nell' inviluppo dei due cilindri, F F asta che trasmette il movimento al manubrio del volante, H H parallelogramma che tiene in posizione verticale l' asta dello stantuffo, I condensatore formato dal fondo del cilindro della tromba ad aria, K L tubo che immette il vapore dal gran cilindro nel condensatore, M piccola tromba che attinge una porzione dell' acqua del condensatore per portarla nella caldaja, il resto dell' acqua del condensatore è condotta fuori mediante la tromba ad aria, che può essere utilizzata per i bagni o altro uso. Un rubinetto r serve a regolare la quantità di acqua calda che deve contenere la caldaja ; la quale vi è condotta dal tubo r q, P moderatore a forze centrifughe, Q R leva che comunica dal moderatore all' asta del rubinetto d' introduzione del vapore ; un rubinetto regola la quantità di acqua fredda da immettersi nel condensatore, somministrata da una vaschetta stabilita in alto, nella quale vi è immessa dall' azione di una tromba. Questa macchina ha ricevuto diverse modificazioni.

Macchina ad alta pressione.

292. Nelle macchine descritte, la condensazione essendo un elemento indispensabile, fa d' uopo adoperare un condensatore, e molta acqua fredda; dal che ne viene il bisogno di apparati pesanti e di estese dimensioni. Per tal motivo le macchine sono inatte a diversi usi, e particolarmente a divenire locomotrici; dappoichè oltre che occuperebbero molto luogo, consumerebbero tutta la loro forza, e spesso insufficienti sarebbero per trasportare la macchina e la loro necessaria provvista di acqua e di carbone. Leupold il primo, e dopo di lui Trewithick, Vivian, ed Evans, immaginarono di lasciar perdere il vapore nell'aria, per non essere obbligati a condensarlo; in tal caso risparmiasi il condensatore, la vasca di acqua fredda, la tromba ad aria e quella che innalza l'acqua fredda. La macchina si riduce alla caldaja, al cilindro col suo stantuffo, e le sue valvole o rubinetti, e al meccanismo che trasmette il movimento dalla forza alla resistenza. È vero altresì che per cacciar fuori il vapore dalla macchina bisogna sormontare la pressione atmosferica; perciò bisogna portare la tensione ad un grado superiore a questa pressione, ed avere come perduta la forza di un'atmosfera, e non disporre come forza motrice che della forza eccedente; talmente che in una macchina di quattro atmosfere non vi resta disponibile altra forza che quella di tre atmosfere.

293. La maggior parte delle macchine a vapore adoprano questo fluido ad una tensione superiore di quella di un'atmosfera, ma non perciò diconsi ad alta pressio-

ne. Perchè si dia loro un tal nome bisogna che non condensino il vapore, e che questo s' innalzi a tale temperatura da acquistare una tensione tale che li permetta di perdere la forza corrispondente ad un' atmosfera. Malgrado la perdita di questa forza l' alta pressione ha altri vantaggi che la compensano; dappoichè bisogna riflettere che il beneficio della condensazione viene scemato di molto per l' imperfezione del vuoto che si forma, e per la forza che bisogna per muovere la tromba ad aria e quella ad acqua; in modo che in una macchina in cui la tensione del vapore sia molto forte, i vantaggi che darebbe la condensazione sarebbero molto limitati in confronto degl' inconvenienti.

Da principio bisogna riflettere che la tensione del vapore cresce molto più rapidamente che la sua temperatura, come abbiamo osservato (n.° 277); talmente che l' aumento di pochi gradi basta a produrre una tensione doppia nel vapore. È vero per altro che per ottenere questo leggiero innalzamento di temperatura fa d'uopo consumare molto più combustibile di quello che si crede a primo aspetto, e che anzi il consumo cresce nella stessa proporzione della tensione del vapore; pur tuttavia considerate bene le cose vi è economia nell' adoperare il vapore a tensioni elevate e disperderlo nell' aria. Questo vantaggio altronde si ha qualora la tensione del vapore sia forte abbastanza, altrimenti vi potrà essere perdita.

294. I signori Olivier Evans, e Trewithick hanno stabilite molte macchine ad alta pressione in America. La macchina ad alta pressione di Trewithick consiste in una caldaja formata da un grosso cilindro; il fuoco

si fa in un cilindro immerso interamente nell'acqua della caldaja, ch'è legato con una delle sue pareti alla parete della caldaja; piegandosi a gomito, in modo che dopo aver percorsa per due volte la lunghezza della caldaja, s'immette nel cammino da fumo; una graticola separa il cilindro nel quale si fa il fuoco in due parti, nella parte superiore si fa il fuoco, e la parte sottoposta serve di cenerario: in tal modo disposti questi pezzi la fiamma è circondata da per tutto dall' acqua à cui comunica gran calore.

Il cilindro della macchina a vapore è immerso per gran parte nell' acqua della caldaja; nell' alto di questo vi è un rubinetto a quattro buchi, che serve ad immettere, secondo la sua diversa posizione il vapore or sotto ed or sopra lo stantuffo, ovvero a lasciarlo scappare nell' aria mediante un tubo, che va a terminare nel cammino; parimente un tubo, particolare conduce nel cammino il vapore che esce dal cilindro. L' asta dello stantuffo termina in alto con una traversa che gli è perpendicolare, in modo che l'insieme ha la forma di un T; le estremità delle braccia sono infilate nei fori di due spranghe che scendono una per parte, e vanno ad unirsi ai manubri; alcune guide mantengono l' asta dello stantuffo verticale come si è indicato nelle altre macchine. Questo doppio manubrio fa girare l' albero orizzontale ed il volante, ovvero l' asse del volante soltanto; sul quale si è posta una gran ruota dentata, che mediante ingranaggi trasmette il movimento nei varii punti dell' officina ove fa bisogno.

Nulla diremo delle altre parti che sono le stesse di quelle delle altre macchine a vapore; soltanto l' acqua

nella caldaja non potendovisi immettere pel semplice suo peso, attesa l'interna tensione del vapore, perciò vi è immessa da una tromba, che la macchina stessa fa agire. Per economizzare il calorico si fa in modo che l'acqua prima d'immettersi nella caldaja inviluppi il tubo che porta fuori il vapore, e mediante ciò l'acqua riscaldasi bastantemente.

295. La tensione che si suole dare ordinariamente al vapore nelle macchine ad alta pressione non oltrepassa quattro o al più cinque atmosfere, essendo ben difficile dare alle pareti della caldaja solidità tale da resistere a sforzi maggiori. Però l'inglese Perkins spinse l'alta pressione ad un limite molto più grande, costruendo macchine possentissime di piccole dimensioni, con economia di combustibile. Questa innovazione che ebbe luogo nel 1823, consiste in un vase di bronzo che chiamò *generatore*, le di cui pareti sono della grossezza di tre pollici, e la sua capacità è corrispondente a circa otto galloni (32 caraffe). Perkins riuscì pure a fare questo vase di ferro battuto senza saldatura nè ribaditura, e di tale forza da sostenere, senza lasciare uscire vapore, una pressione interna di ventimila libbre per pollice quadrato della superficie. Questo vase chiuso ai due capi, riempito interamente di acqua, si mette in posizione verticale in un fornello di forma di un'ellissoide, circondato da per tutto dal fuoco che li somministra un'altissima temperatura; nella parte superiore di questo vase vi è un'apertura con una valvola caricata da un peso tale da non aprirsi che a fortissima pressione, per far arrivare la temperatura interna a 200° o 230° senza che si apre la valvola; al di là di questa tem-

peratura la valvola si apre, e mette il generatore in comunicazione colla tromba motrice; all' altra estremità del generatore, che è tutta chiusa, adattasi il tubo di una piccola tromba d' injezione destinata ad introdurre altra acqua nel generatore. Giunta la temperatura a tal punto da aprire la valvola, ne esce una porzione di acqua riscaldata, che s'immette in un tubo detto dall' inventore *induction pipe o tubo d'introduzione*, quest'acqua essendo alla temperatura di 200° e più, si converte subito in vapore, che esercita una gran forza espansiva sullo stantuffo e l'obbliga a muoversi in un cilindro del diametro di due pollici, facendoli eseguire una corsa di 12 pollici, che col suo movimento di va e vieni fa agire una valvola che si apre e chiude alternativamente, in modo che il vapore dopo di aver agito sullo stantuffo, come in tutte le macchine ordinarie passa nel condensatore, nel quale si converte in forma liquida sotto una pressione di 70 libbre per pollice quadrato; contemporaneamente una quantità di acqua eguale a quella ch'esce dal generatore n'è immessa per l'azione della tromba. Qualora la macchina è in piena attività, il vapore si forma, e si condensa con tale rapidità che lo stantuffo batte fino a 250 colpi al minuto. L'asta dello stantuffo comunica il movimento al bilanciere, al volante, e quindi al meccanismo che deve far agire. La macchina con i suoi accessorii non occupa che una superficie larga sei piedi e lunga otto; e somministrando la forza di dieci cavalli consuma circa sei decalitri di combustibile al giorno.

Per mostrare che lo scoppio non era da temersi, si fece più volte rompere l' apparato in presenza di varie

persone, s' intese un leggiero romore sordo senza scorgersi esito nè di vapore nè di acqua, seguitando la macchina ad agire come prima alla pressione di 20 atmosfere; ma fatto spegnere il fuoco, appena la temperatura si abbassò al punto conveniente ebbe luogo un fischio, e tutta l'acqua ed il vapore si sparsero nel focolajo. Riflettendo su tale fenomeno Perkins l' attribuì all' azione ripulsiva del calorico; per assicurarsene arroventò il fondo del generatore così rotto, poi v' immise l'acqua; formossi immantinente il vapore e la macchina lavorò al solito per tutta la giornata, senza che si osservasse alcuna perdita; quando si fece spegnere il fuoco avvenne lo stesso fenomeno precedente. La piccola quantità di vapore che si formava successivamente nel tubo d'introduzione era sì poco che pochissimo danno poteva produrre lo scoppio da essa prodotto; a fine per altro di ovviare tale accidente, in una parte del tubo a vapore adattò un globo di rame costruito in modo da scoppiare ad una pressione di 1000 libbre per pollice quadrato, mentre la macchina lavorava ad una pressione di 500 a 700 libbre, ed era riconosciuta capace di resistere ad una forza di 2000 libbre per pollice quadrato. Ma se per qualche circostanza la pressione crescevasi di molto, il globo fendevasi, ed il vapore usciva per questa fessura, come si fece avvenire più volte. Perkins propose di applicare il suo generatore a riscaldare l' acqua nelle caldaje comuni delle macchine a vapore, introducendo in queste l'acqua molto riscaldata collo stesso mezzo dell' injezione.

Non abbiamo fatto che dare un' idea succinta sulle costruzioni delle macchine a vapore più usitate, senza

incaricarci della minuta descrizione di tanti accessorii che fanno parte delle diverse macchine, e delle regole da serbare nelle proporzioni e nella conformazione dei differenti pezzi; potendosi questa conoscenza attingere da opere speciali, e particolarmente da quelle di Iames Renwick, Evans, Tredgold ec.

296. Da quando abbiamo detto prendendo in considerazione i vantaggi e gl' inconvenienti che presenta ciascun sistema di macchine, possiamo conchiudere: 1.° che nei siti ove il combustibile è a prezzo discreto si potrà preferire la macchina a bassa pressione; 2.° che nei siti ove il combustibile costa molto, e la macchina può mantenersi in buono stato, si dovrà preferire la macchina ad espansione e condensazione; 3.° che per la navigazione in mare, avendosi buoni operai incaricati del mantenimento delle macchine, si può avere qualche vantaggio sotto il rapporto di località, usando macchine ad alta pressione, ad espansione, e senza condensazione: 4°. che nelle macchine locomotive la condizione del minor peso e del più piccolo volume possibile conducono ad adottare le macchine ad alta pressione, con, o senza espansione, e senza condensazione. Nella comparazione precedente non abbiamo tenuto conto della maggiore o minor regolarità nel movimento delle macchine; perchè proporzionando convenientemente i volanti si ha il mezzo di regolarne il movimento.

Calcolo della forza di una macchina a vapore.

297. Due casi possono darsi, ed è necessario distinguerli 1.° qualora la macchina è gia costruita e si cerca

di che forza sia: 2.° quando avendo bisogno di una data forza per mettere in attività un meccanismo e produrre un dato effetto, si vuole costruire una macchina atta a produrre l'effetto che si desidera.

1.° Sia D il diametro del cilindro espresso in centimetri, h l'altezza della sua corsa espressa in metri e parti di metro, n il numero dei colpi che esegue lo stantuffo in ogni minuto; numero che suol essere per lo più da 30 a 50, per altro nelle macchine a vapore a doppio effetto si deve raddoppiare, vale a dire bisogna contare l'andata e il ritorno, mentre nelle macchine a semplice effetto contasi soltanto una di esse. Il quarto del diametro moltiplicato per la circonferenza della base dello stantuffo, espresso dalla formola $\frac{1}{4}\pi D^2$, dà la base dello stantuffo in centimetri quadrati, e per conseguenza il numero di chilogrammi ond'è caricata la sua asta per la pressione di una sola atmosfera (1), questo prodotto moltiplicato per h altezza della corsa dello stantuffo espressa in metri e parti di metro, vale a dire $\frac{1}{4}\pi D^2 h$, dà il peso in chilogrammi innalzati ad un metro in ciascuna corsa dallo stantuffo; finalmente moltiplicando quest'ultimo prodotto per n numero di colpi che lo stantuffo fa in ogni minuto, avremo $\frac{1}{4}\pi D^2 hn$, che sarà il numero K di chilogrammi o litri di acqua innalzati ad un metro in ogni minuto, cioè

$$K = 0.7854\, D^2 hn \quad (2)$$

(1) Si conosce che la pressione atmosferica corrisponde al peso di un chilogramma circa per ogni centimetro quadrato di superficie.

(2) π contrassegna il rapporto della circonferenza al diametro $= 3.14159$, e $\frac{1}{4}\pi = 0.7854$.

La forza di una macchina a vapore suole esprimersi prendendo per unità quella del cavallo; questa unità ch'è sola convenzionale non è la stessa in tutt'i paesi, essendo variabile a seconda de' diversi costruttori di macchine; il signor Navier la porta eguale ad una forza capace d'innalzare un peso di 40 $^1/_4$ chilogrammi ad un metro di altezza in un secondo di tempo; altri la portano a 60, 70, 75, e fine a 80 chilogrammi. Or se il prodotto K, ottenuto precedentemente, si divide per una di queste unità dinamiche si avrà la forza della macchina espressa in cavalli.

In questo calcolo abbiamo supposto che la macchina non lavora che colla pressione di un'atmosfera; ma se la tensione del vapore fosse a 2, 3, 4, 5 atmosfere converrà moltiplicare il risultato per 2, 3, 4, e 5; e per conoscere la tensione del vapore bisognerà consultare il manometro. Per le macchine a condensazione si sottrarrà dalla tensione manometrica circa un quarto di atmosfera per tener conto della resistenza prodotta dall'imperfezione del vuoto.

Suppóniamo che il cilindro di una macchina abbia il diametro di 41 centimetri, e che lo stantuffo faccia una corsa dell'altezza di $1^m.3$, e che faccia 32 colpi a minuto, operando a doppio effetto colla pressione di 3 atmosfere e $^1/_4$, ed a condensazione avremo

$$D=0^m.41,\ h=1^m.3,\ n=64$$

$41 \times 41 = 1681$ centimetri quadrati

$$1681 \times 1.3 = 2185.3,\ e\ 2185.3 \times 64 = 139859.2$$

$$139859.2 \times 0.7854 = 109845,41568 = K$$

Moltiplicando K per 3 numero delle atmosfere di tensioni, dedottone un quarto, come abbiamo detto a cagione del vuoto imperfetto, si trova che la macchina innalza 329536 chilogrammi o litri di acqua ad un metro di altezza in ogni minuto, che dividendolo per 4500 peso in chilogrammi a cui taluni meccanici fan corrispondente la forza di un cavallo si ha per quoziente 73,23 che esprime la forza in cavalli che ha la macchina; questo risultato merita ulteriore risecazione per la minorazione di temperatura che soffre il vapore nell'immettersi nel cilindro e per altre cause, in modo che la forza utile della macchina si potrà valutare a 48 o 50 cavalli.

2.° Volendosi costruire una macchina atta ad esercitare una data forza; si comincia dal presciegliere quel sistema di macchina che si crede preferibile in corrispondenza del bisogno; si stabilisce il grado di tensione nel quale deve agire il vapore, e la grandezza del cilindro nel quale si deve operare l'espansione ec. Queste cose possono variare a piacere in corrispondenza delle località, e di altre particolarità. Ciò fatto si raddoppia il numero di cavalli che contrassegnano la forza che deve avere la macchina, per far fronte alla perdita di forza per gli attriti ed altre resistenze; si moltiplica questo numero per 4500 per ridurre la forza di cavalli in chilogrammi di acqua innalzati ad un metro di altezza in un minuto, e si divide pel numero di atmosfere di tensione che si vuole dare al vapore, o per la tensione media nel caso dell'espansione, e così si avrà il valore di K ch'è il primo membro dell'equazione $K=0.7854 D^2 hn$. Bisognerà trovare i valori di D, h, n, che sod-

disfino alle condizioni dell'equazione, che ammette infinite soluzioni; si potrà per esempio supporre a volontà due di questi numeri, e risolvere l'equazione per conoscere il terzo; ben'inteso per altro che i valori che si daranno a piacere a queste due lettere non dovranno esser tali da condurre ad un valore impraticabile per l'incognità, come per esempio a far muovere lo stantuffo con soverchia rapidità, o dargli una corsa molto lunga ec.

Il calcolo delle altre parti della macchina è anche facile; dappoichè valutando a 30 chilogrammi per ogni ora la quantità di acqua da ridursi in vapore per ogni forza di cavallo si ha $0^{ch}.5$ pel peso di acqua da vaporizzare al minuto, e se ne deduce il consumo ad ogni colpo di stantuffo; dal che si può dedurre la capacità della caldaja, conoscendosi che un metro quadrato di superficie esposta al fuoco riduce in vapore 45 a 50 litri di acqua in ogni ora, e che lo spazio della caldaja occupato dal vapore non è che un terzo o la metà della sua capacità. Si potrà avere la grossezza del lamerino da usarsi nella costruzione della caldaja, usando la regola pratica suggerita da Tredgold; ed è che, per una caldaja rettangolare o cilindrica, bisogna moltiplicare il triplo della carica della valvola di sicurezza (valutata in chilogrammi per ogni centimetro circolare) per la maggior diagonale in centimetri della sezione della caldaja, dividesi questo prodotto pel numero di cavalli di forza, il quoziente dà la grossezza del lamerino in centimetri. Volendosi far uso di rame bisognerà il quintuplo della carica della valvola in vece del triplo. È necessario avvertire che il lamerino destinato al fondo della caldaja deve essere della grossezza di una volta e mezzo quello

delle pareti laterali, per reggere al consumo prodotto dall' azione del fuoco. Per avere le dimensioni del focolajo e del cenerario bisogna conoscere che un chilogramma di carbon fossile riduce in vapore 5 a 6 chilogrammi di acqua.

La tromba d' injezione per condensare il vapore deve essere proporzionata alla quantità di esso. Dividendo $0,^{ch}.5$ pel numero di corse dello stantuffo al minuto, si avrà la quantità di vapore da condensarsi per ogni forza di cavallo: supposto che 80 sia il numero delle corse, sarà $0,^{ch}00625$ il peso di vapore di acqua consumata in ogni corsa, ch' è pure quello che deve condensarsi per un cavallo di forza; se la temperatura dell' acqua injettata è di 17° centigradi, e quella dell' acqua dopo la condensazione di 32°, il riscaldamento sarà di 15°. Si sa che il vapore perde 535° per passare dallo stato di vapore a quello liquido a 100° (V. 2.° pag. 398 n.° 265); perciò si stabilisce una proporzione basata su questo ragionamento: se bisognano 5,35 grammi di acqua per liquefare un gramma di vapore a 100°, quant' acqua occorrerà per ridurla alla temperatura di 15°; cioè:

$$15^\circ : 100^\circ = 5^{gr}.35 : 35^{gr}.66$$

vale a dire che per condensare un gramma di vapore a 100° riducendolo a 32° bisogno injettare $35^{gr}.66$ di acqua a 17°, e perciò per $0^{ch}.00625$ di vapore ad ogni corsa bisognerà injettare $222^{gr}.87$ di acqua a 17° per ogni forza di cavallo; perciò la tromba d' injezione deve essere di tale dimensione da soddisfare a questo bisogno.

Applicazione delle macchine a vapore.

298. *Bastimenti a vapore* = La prima applicazione delle macchine a vapore per la navigazione non è di un'epoca molto remota; e n'è contrastata la scoverta dagl'inglesi, dai francesi, e dagli americani; ma pare che Ionathan propose i battelli a vapore nel 1736, Perrier nel 1775 ne pose in attività uno sulla Senna, e Serati in alcune lettere stampate a Firenze nel 1797 sulla fisica sperimentale fa mensione di una barca a vapore posta in attività sul Pò. Ma il meccanico Soulton fu il primo a soddisfare le condizioni necessarie per dare ai battelli la velocità richiesta.

Il metodo generalmente adottato consiste nel collocare la macchina a vapore nel mezzo della barca, e fare che essa metta in movimento di rotazione due ruote stabilite ai fianchi della barca le quali battono l'acqua, invertendosi, mediante opportuno meccanismo, il movimento rettilineo alternativo delle aste degli stantuffi in movimento di rotazione continuo, che si trasmette alle ruote per mezzo di un manubrio stabilito sul loro asse; questo movimento è regolarizzato da un volante. Qualora le macchine sono due che agiscono sullo stesso asse, queste sono disposte in modo che mentre lo stantuffo di una va in alto quello dell'altra discende, e inversamente; a questo modo il movimento dell'asse è reso regolare senza il bisogno dei volanti.

La posizione più vantaggiosa delle ruote ne bastimenti a vapore non è bene fissata; d'ordinario si collocano su i fianchi nel mezzo circa della lunghezza, talu-

ne volte se ne collocarono quattro, due verso la prua, e due verso la poppa, ma queste ultime riuscivano di poco effetto utile, perchè agivono nell'acqua mossa dalle prime; come pure i battelli da servire per fiumi, o canali in cui le ruote erano situate dietro la poppa, offrivano lo stesso disvantaggio nell'effetto utile, agendo le ruote in acque mosse secondo lo stesso movimento delle ruote; offrendo per altro il solo vantaggio di poter agire in canali stretti, ed in quei in cui nel mezzo soltanto si trova una conveniente profondità. Le forme delle prime ruote a pale erano concave e consimili alle ruote dei mulini ad acqua, ma si è conosciuto che la forma migliore si è di tavole di legno fissate alla cima di razze di ferro, di grossezza corrispondente alla forza che deve fare, legate tra loro con cerchi di ferro, e disposte in direzione dei raggi della ruota e parallele all'asse. Le ruote devono essere bastantemente grandi, pur non per tanto il loro diametro di raro è maggiore di quattro metri.

Le macchine a semplice pressione sono le più comunemente usate pei bastimenti; ci sarebbe economia usando le macchine ad espansione. Le macchine ad alta pressione darebbero il vantaggio di occupare minore spazio, ma offrirebbero maggiori pericoli.

In taluni battelli l'azione del vapore agisce a dar movimento ad un elica; la parte attiva di questo meccanismo consiste in una superficie elicoide che gira intorno ad un asse cilindrico; perchè tutta la superficie partecipa all'azione, ogni suo punto deve girare con molta rapidità, acciò il suo movimento nella direzione dell'asse superi in velocità quella del battello.

299. *Vetture a vapore* — La macchina a vapore destinata al trasporto per terra, fa girare due manubrii, che comunicano il movimento alle due ruote d'avanti della vettura sulla quale è stabilita la macchina; in questo caso il volante è inutile; dappoichè la massa posta in movimento ne fa le veci, e regolarizza i movimenti. Una macchina tira o spinge da 20 a 40 *Waggon*, o carretti carichi; il movimento si può a volontà produrre in avanti o in dietro. Spesso il carro motore ha due macchine alimentate da una sola caldaia, e ciò per fare i cilindri più piccoli, ed evitare che vi sieno movimenti in cui l'asta non tenta a girare i manubrii. Tali vetture sono poste in attività sopra strade di ferro pel trasporto di uomini e di mercanzie; si sono adoperate ma più di rado nelle strade ordinarie.

Le strade di ferro compongonsi da spranche di ferro poste parallelamente lungo la strada, e a distanza una dall'altra di 1^{m}. 30. Le ruote del carretto sono di ghisa, e nella loro circonferenza hanno una orlatura che incassa nelle righe della strada e l'impedisce di cangiar direzione. Prima le ruote del carretto erano dentate, e questi denti agivano sopra rotaie dentate; ora non si usano più nè seghe nè ruote dentate.

300. Trewithick e Vivian chiesero nel 1802 un privilegio per le vetture a vapore, e nel 1804 ne provarono una sulla strada di ferro di Mertyr-Tidvil; ma fino al 1811 si limitarono a semplici sperimenti; e qualche tempo che Blinkinsop si servì di tali vetture per trasportare il carbon fossile dalla sua miniera; Losh e Stepheson nel 1816 vi apportarono perfezionamento e ne chiesero privilegio; d'allora in poi non hanno man-

cato di modifiche tendenti particolarmente a scemare il peso della macchina, ed il consumo del combustibile e dell' acqua.

Il Marchese di Iouffroi in quest' anno ha apportato delle modifiche e miglioramenti tali che assicurano la stabilita del convoglio sulle rotaje, non potendosi rovesciare per qualunque circostanza, con stabilire il centro di gravità delle sue parti molto più basso; e mediante aggiunzioni e modifiche nella combinazione delle parti della locomotiva ha reso difficile e quasicchè impossibile l' uscita del convoglio dalle rotaje, mettendolo benanche nel caso di ascendere nelle salite molto ripide, con aggiungere una terza guida di ferro, striata trasversalmente, stabilita nel mezzo della strada, su cui striscia una ruota principale di ferro fuso con la circonferenza di legno, cosicchè aumentandosi l'attrito ne è impedito lo sdrucciolamento; questa ruota centrale può avere una velocità variabile a secondo delle inclinazioni dei piani, senza che si altera la velocità de' pistoni motori; e concegnando in modo che questi comunicano con assi dritti per l'intermezzo di tiranti e di manovelle, ha evitato l'uso degli assi piegati. Una combinazione articolata ha stabilito tra le vetture, il che mette il convoglio nel caso di percorrere benanche per curve di piccolo raggio; e mediante congegno meccanico in ciascun Waggon vien dato al convoglio di rimanere nel suo stato normale per qualunque accidente; cosicchè nel caso di urto la scossa resta ammortita da balestre poste avanti le articolazioni, le quali spingono le piastre di arresto contro i cerchioni delle ruote e le fermano. L'azione delle balestre è tanto più energica per quanto la scossa è più in-

tensa, restando il convoglio quasicchè istantaneamente imbracato, allontanando così qualunque pericolo di uscita dalle rotaje. Il tutto può leggersi con maggior dettaglio nel bellissimo rapporto fatto dal Tenente Colonnello Cav. d' Agostino al nostro R. Istituto d' incoraggiamento nella tornata de'3 Settembre di questo anno.

301. *Armi a vapore* — Questo trovato, che da taluni si crede nuovo, è molto antico, come lo dimostra in una memoria il capitano Montgery.

Non si possono confrontare con esattezza gli effetti del vapore con quelli della polvere da sparo, non essendosi ancora determinata la forza espansiva di quest' ultima. Per altro non essendosi potuto ottenere il vapore ad una tensione maggiore di 35 a 40 atmosfere, si può francamente asserire che tali macchine non possono trasmettere alle palle di grosso calibro, come quelle di cannone, una velocità iniziale corrispondente a quella che ricevono dalla polvere da sparo. Perkins avendo posto in comunicazione il suo generatore con una canna di fucile, nel quale un ingegnoso meccanismo introduceva le palle ad una ad una, giunse a slanciarne l' immensa quantità di 400 a 500 al minuto, essendo la forza del vapore di 35 a 40 atmosfere; queste palle schiacciavansi allorchè dirigevansi su di una piastra di ghisa, posta a 100 piedi di distanza; e crescendo la tensione tra 42 e 48 atmosfere le palle si riduceveno in frammenti di tanta picciolezza da non ravvisarne alcuno. A questi effetti spaventevoli aggiungesi l' economia; dappoichè una libbra di carbon fossile dà colla sua combustione tanto vapore da slanciare più palle, che non fanno quattro libbre di polvere. Montgery fa osservare dip-

più che queste armi potrebbero essere trasportate in campagna mediante la forza del vapore, e lo stesso vapore servirebbe allo slancio dei projetti; per altro non ne consiglia l'uso che per un tiro orizzontale, come per la difesa della fossata o della breccia. I vascelli a vapore potrebbero profittarne nell'arrambaggio, non essendovi in queste circostanze il bisogno di muoversi.

CAPITOLO V.

Usi del vapore per riscaldare, evaporare, prosciugare disciogliere, ec.

302. *Stufe a vapore* = Non dispiacerà l'accennare il modo più conveniente da adottarsi per riscaldare un locale qualunque. Tra i mezzi artificiali disponibili a volontà e di antica data, è senza dubbio il fuoco. I modi di usarlo sono sì varii che si estendono dalla fascina accesa nel mezzo della capanna del villico fino a nostri focolai aggiustati in modo da risparmiare il combustibile, e da non essere incomodati dal fumo, mediante cammini più o meno complicati, che permettono di stabilirli nelle stanze elegantemente addobbate; ma siccome non vi può essere fornello che non disperda calorico, e dippiù l'aria che esce dalla canna del cammino si trova sempre ad una temperatura più o meno elevata; perciò pensossi potere con un solo fornello riscaldare un intero edifizio, trasmettendo il calorico nelle sue parti mediante tubi convenientemente disposti. Tre veicoli vennero a tal uopo proposti l'aria, l'acqua ed il vapore: il primo impiegossi in due modi; o facendoli at-

traversare la fiamma, e percorrere diversi giri dentro tubi prima di darli uscita; ma questo mezzo ch'è quello adoperato in tutte le stufe comuni, non può servire che limitatamente, stantechè se i giri sono molti ed il cammino a percorrere è lungo , la corrente non avrebbe più l'attività necessaria, e la combustione sarebbe lenta ed imperfetta; il secondo è quello che stabilisce oltre la corrente interna, che alimenta il fuoco, un'altra corrente esterna, la quale essendo di aria non viziata si fa immettere nelle stanze da riscaldarsi; questo secondo metodo non ostante che sia più facilmente applicabile del primo, pure non è adottabile che per gli edifizii di pochi e vasti locali, e di regolari disposizioni, come teatri, o simili; perchè quest' aria ascendendo per la minorazione del suo peso specifico, mal si adatta a camminare orizzontalmente , e molto meno alla discesa. L' acqua s' impiega facendo percorrere varii sistemi di tubi per tutt' i luoghi da riscaldarsi, facendo comunicare la parte superiore ed inferiore di questi con una caldaja, empiendosi sì questa che quelli di acqua ; a misura che l' acqua della caldaja riscaldasi diviene più leggiera e sale nei tubi , e la più fredda discende stabilendosi in tal modo una circolazione continuata, in modo che tutto il calorico dalla caldaja comunicasi fino alla estremità più remota del tubo con una rapidità maggiore o minore in corrispondenza della estensione e del diametro dei tubi, e della quantità di combustibile che si consuma. Gl'inconvenienti di questo metodo sono facili a scorgersi ; 1.° la difficoltà di sostenere i tubi, che essendo pieni di acqua sono pesantissimi ; 2.° il tempo ben lungo che bisogna per estendersi il riscaldamento nelle parti di-

stanti del tubo; 3.° il lento riscaldamento apporta una dispersione di calorico nei punti prossimi alla caldaja prima che si riscalda il resto. 4.° Per non potersi elevare questo sistema ad un altezza maggiore di 32 piedi. Per tali motivi questo metodo non venne applicato che al riscaldamento degli edifizi di un solo piano, e quando bisogna una temperatura mite e uniformemente continuata. Dietro queste considerazioni pare che il veicolo più opportuno a tale uso fosse il vapore; perciò descriveremo brevemente il metodo di adoperarlo, che venne riconosciuto il migliore, e le avvertenze da usarsi nel metterlo in opera.

303. Allorchè si vuole riscaldare un edifizio col vapore, due cose bisogna principalmente conoscere; cioè l' estensione dell' edificio da riscaldarsi, ed il grado di temperatura che si desidera; e ciò per regolare la grandezza del fornello e della caldaja, non che dei tubi che deggiono condurre il vapore; avvertendo ch' è cosa vantaggiosa, ogni qualvolta la località lo permette, che il fornello e la caldaja sieno stabiliti in sito più basso, acciò il vapore condensato potesse facilmente immettersi nella caldaja ed economizzare non solo l' acqua, ma pure i gradi di temperatura che ritiene ridotta nello stato liquido. La forma della caldaja può essere varia, ma è da prescegliersi quella immaginata da Rumford ch' è la più comunemente usata nelle macchine a vapore, che è quella di un gran cilindro posto orizzontalmente terminato da due emisferi; la parte inferiore di esso comunica mediante certi tubi con due o più cilindri di diametro molto minore al primo, i quali trovansi collocati in molta prossimità della graticola; e siccome l'ac-

qua contenuta in essi giunge ben presto al grado di ebollizione, perciò questi tubi sono detti bollitoi. Spesso il gran cilindro è attraversato nella sua lunghezza da uno o più tubi posti a tale altezza da non restar mai sopr'acqua, nei quali scorre l'aria riscaldata del fornello ed il fumo.

Restano a determinarsi le dimensioni della caldaja e dei tubi, le quali dipendono dalla estensione e dalla massa di aria che devesi riscaldare, e per conseguenza dalla quantità di vapore che deve immettersi nei tubi in un dato tempo per riscaldare l'aria fino a quel punto. Or la pratica ha fatto conoscere che ogni metro quadrato della superficie dei tubi ripieni di vapore, preparato nel modo che diremo fra poco, può riscaldare a 20.° 67 metri cubici di aria. Sopposta che la massa di aria da riscaldarsi sia di 10000 metri cubici converrà dare ai tubi riscaldatori una superficie di $\frac{10000}{67}$ = 149.25 metri quadrati; l'esperienza ha dimostrato benanche che ogni metro quadrato di superficie degli anzidetti tubi esposti all'aria condensa 1^{ch}. 2 di vapore in ogni ora; perciò la quantità di vapore da formarsi in ogni ora pel riscaldamento della massa di aria dianzi stabilita sarà di $149.15 \times 1.2 = 179.1$; a questo aggiungendo un quinto, per varie dispersioni che possono avvenire, si avrà 214.92 o 215 chilogrammi; questa è la quantità di acqua che la caldaja deve ridurre in vapore in ogni ora. Attualmente è stabilito, nè ammette più dubbio, che ogni metro quadrato di superficie della caldaja esposta al fuoco è al caso di dare in ogni ora 45

a 50 chilogrammi di vapore, e prendendo il medio ch'è $47\frac{1}{2}$, si ha che la caldaja per fornire tanto vapore da poter riscaldare 10000 metri cubici a 20 gradi deve avere $\dfrac{215}{47\frac{1}{2}} = 4.5$ metri quadrati di superficie esposta al fuoco.

La caldaja ha un'apertura di figura ovale nella parte superiore, per potervisi intromettere un uomo onde pulirla nell'interno, la quale viene chiusa da una piastra; ha benanche due valvole, una che si apre da dentro in fuori ch'è la valvola di sicurezza, e l'altra da fuori in dentro per immettersi l' aria qualora si condensa il vapore, e così equilibrare la pressione dell'aria esterna. Un metro circa al di sopra del livello dell'acqua della caldaja vi comunica un serbatojo di acqua che serve per alimentarla, nel quale s' immette benanche l'acqua condensata nei tubi. La caldaja è costruita ordinariamente da fogli di rame inchiodati, e i bollitoi sono per lo più di ghisa.

Il fornello deve costruirsi di forma conveniente alla caldaja, avvertendo che la graticola deve essere di estensione corrispodente alla terza parte della superficie della caldaja esposta al fuoco; il cammino deve avere la sezione orizzontale presso a poco uguale all' estensione della graticola, e deve elevarsi quanto più si può.

I tubi addetti a condurre il vapore devono essere di due sorte. Alcuni sono destinati semplicemente a condurre il vapore dalla caldaja fino ai luoghi da riscaldarsi, e questi sono di metallo ben resistenti, e chiusi in una cassa quadrata di legno riempita di polvere di carbone

o altra sostanza poco conduttrice; essi comunicano colla caldaja mediante un grosso rubinetto col quale si regola l'usciva del vapore. Altri tubi sono addetti a condurre il vapore a traverso le stanze da riscaldarsi, questi si fanno per lo più di ghisa o di latta dipinta, esteriormente con colore oscuro grossolanamente macinato, onde irraggiare maggior quantità di calorico; la forma più conveniente è quella di un cilindro a base ellittica molto schiacciata; avvertendo, come abbiamo detto, che un metro quadrato di superficie di questi tubi può riscaldare 67 metri cubici di aria a 20°; perciò la loro grandezza deve esser regolata in modo, che nella lunghezza che possono avere nella stanza presentano tanti metri quadrati per quante volte la capacità della stanza comprende 67 metri cubici.

La disposizione migliore per i tubi è quella di condurre il vapore direttamente nell'alto dell'edifizio, mediante tubi che disperdono il minor calorico possibile, ed indi farlo discendere in tubi calorifici disposti quasi a zig-zag, facendo loro percorrere le varie stanze che vogliosi riscaldare; a questo modo l'acqua che si ha dalla condensazione del vapore non si oppone col suo movimento al movimento di questo, ed è facile raccoglierla in un serbatojo posto in prossimità della caldaja per esservi immessa. In quanto al sito dei tubi calorifici nelle stanze, bisogna avvertire che quanto più bassi sono situati riescono più vantaggiosi, perchè l'aria riscaldandosi nel basso, per condizione di equilibrio, passa nella parte superiore e da questo movimento continuato si ha il riscaldamento di tutta la massa di aria della stanza; è cosa ben fatta, qualora questi tubi non si

possono o non si vogliono stabilire nel mezzo della stanza circondandone un piedestallo, una statua, un vase, o altra cosa simile, di non metterli in immediato contatto con i muri, e dippiù ricovrir questi di una superficie atta a poter riflettere il calorico irraggiato dai tubi; in ultimo è necessario avvertire di disporre i tubi in modo che la loro dilatazione quando vengono riscaldati dal vapore non apporti alcun guasto nel loro sistema.

L'apparato in corrispondenza delle regole prescritte dà sempre una temperatura di 20°; ma se questa sembrasse troppo forte, si può minorare a piacere mediante un rubinetto posto in apportuno sito; anzi si può far in modo che l'allungamento del tubo pel calore regoli il movimento del rubinetto. Qualora poi si volesse minorare il calore in una o in alcune stanze soltanto, si potrà ricovrire una porzione più o meno estesa dei tubi posti in esse con panno o altra sostanza poco conduttrice del calorico, acciò per quelle parti dei tubi si trasmette poco calorico.

In ultimo è necessario regolare lo scolo dell'acqua nel serbatojo posto in prossimità della caldaja, il che si esegue mediante tubi che vi pervengono dalle diverse località dell'edifizio; e da questo passa l'acqua nella caldaja in corrispondenza del consumo. Il livello del serbatojo, come abbiamo detto è stabilito ad altezza tale da sormontare almeno di un metro il livello della caldaja; il tubo che mette in comunicazione il fondo del serbatojo colla caldaja è chiuso da un rubinetto, alla chiave del quale è attaccata una leva, che all'altra estremità tiene un corpo leggiero, che galleggia nell'acqua

della caldaja; in modo che quando il livello dell' acqua in questa s' innalza fino ad un dato punto il rubinetto si chiude, e quando si abbassa si apre; e così non si è nel rischio di avere nella caldaja nè penuria nè eccesso di acqua.

304. *Riscaldamento dei liquidi col vapore.* La grande quantità di calorico contenuta dal vapore lo rende utilissimo pel riscaldamento dei liquidi con maggior regolarità, ed evitando tutti gl'inconvenienti che si hanno dall'azione diretta del fuoco. Questo riscaldamento si può avere in varie guise: 1.° ponendo direttamente il vapore a circa 100° in contatto col liquido a riscaldarsi, col quale vi si mesce condensandosi: 2.° facendo attraversare il liquido da tubi di varie forme in cui giri il vapore a 100 o più gradi: 3.° facendo passare il vapore ad una temperatura maggiore di 100° direttamente attraverso del liquido.

Le forme del fornello, della caldaja e del serbatojo per alimentare l' acqua nella caldaja sono quelle stesse indicate poc'anzi. I vasi in cui si ripongono i liquidi da riscaldarsi possono essere di qualunque materia, basta che regga, senza riceverne danno o nuocere al contenuto, a quella temperatura a cui si deve giungere; la loro forma è corrispondente agli usi a cui sono destinati, cioè saranno aperti se servono alla cuocitura, dissoluzione, o evaporazione, e chiusi con cappello se servono alla distillazione; le sole avvertenze da usarsi per renderli più atti al riscaldamento col vapore, sono di dare al liquido, posto in essi, una certa altezza non minore di ¹/₃ di metro, pei vasi un poco grandi, e lasciarvi per l' introduzione del vapore un tubo che scendendo ester-

namente da un' altezza almeno di 3 metri, entri poi nella parte inferiore dei vasi; avvertendo di covrire il tubo con sostanza poco conduttrice del calorico; per questo gioverà ricovrirlo di carta di grossezza corrispondente a quella del metallo da cui sono costruiti, dappoichè, come ci assicura il conte di Rumford, non solo a questo modo il tubo è garentino dal raffreddamento ma acquista una solidità più del doppio. Il tubo deve esser munito di un rubinetto per intercettare tutto o parte del vapore; e qualora vi sono più recipienti da riscaldarsi con una sola caldaja, devono questi esser combinati in modo da potersi riscaldare tutti o alcuni di essi a piacere; è necessario che il tubo principale sia posta ad un' altezza almeno di due metri al di sopra del livello dei liquidi a riscaldarsi, per ovviare l'assorbimento che potrebbe avvenire da un subitaneo raffreddamento o condensazione del vapore, pria che si apre la valvola stabilita sulla caldaja che mette in comunicazione l'aria interna coll' esterna.

Il metodo descritto apporta la mescolanza del vapore con i liquidi a riscaldarsi, nè si ha il vapore ad una temperatura molto superiore ai 100.° Per evitare la mescolanza dei vapore con i liquidi bisogna far passare il vapore attraverso tubi immersi nel fondo dei liquidi, facendoli eseguire diversi giri onde presentare una estensione maggiore di superficie calorifera al liquido; conoscendosi che un metro quadrato di superficie di questi tubi riscalda alla temperatura di 50 a 60 gradi 2300 chilogrammi di acqua; temperatura che difficilmente si oltrepassa, essendo quella del vapore a 100° o poco più. I tubi devono avere una certa inclinazione verso la cal-

daja per lo scolo dei vapori condensati, e se questo non può avvenire si disporranno inclinati verso l'altra estremità.

Allorchè poi si dà al vapore una tensione maggiore di un'atmorfera, o una temperatura superiore ai 100°, si può, facendo attraversare i liquidi da tubi chiusi, portare la loro temperatura ad un grado superiore ai 50 o 60 gradi. Tutta la disposizione dell'apparato si fa nel modo detto poc'anzi, soltanto le pareti della caldaja e dei tubi si fanno più consistenti, e questi ultimi devono essere di forma cilindrica per meglio resistere alla tensione del vapore; nella loro estremità in vece di essere aperti sono chiusi da una valvola caricata da un dato peso. Per decidere dell'estensione da darsi a questi tubi basta risovvenirsi che un dato peso di vapore contiene sempre la stessa quantità di calorico, e che la sua densità cresce colla tensione; perciò essendo il vapore a 100°, bisogna una superficie calorifera di un metro quadrato per riscaldare a 50 o 60 gradi 2300 chilogrammi di acqua; vi bisognerà la metà del quadrato di un metro qualora la temperatura del vapore sarà di 123°, avendo a questa temperatura una tensione doppia; e sarà soddisfacente una superficie calorifera uguale alla terza parte di un metro quadrato se la temperatura del vapore sarà a 135°, essendo a questa temperatura la sua tensione tripla di quella a 100°. Si comprende benissimo che con questo ultimo metodo si potrà portare l'acqua all'ebollizione, e far bollire liquidi che hanno bisogno di temperatura più alta come sciroppi, soluzioni saline o acide ec.

Il riscaldamento dei liquidi a vapore può essere utile

particolarmente per effettuare dissoluzioni, evaporazioni, e distillazioni, di sostanze che subbiscono alterazione all'azione del fuoco nudo.

3o5. *Prosciugamento a vapore*=Spesso è necessario disseccare i prodotti che si hanno da diverse arti, il che si ottiene ordinariamente fino ad un certo punto colla spremitura, e indi con esporli all'aria in siti ventilati, e anche al sole, o nelle stufe. Ben si capisce che quest'ultimo modo di prosciugamento si può ottenere mediante tubi ripieni di vapore, allo stesso modo che abbiamo indicato doversi praticare pel riscaldamento delle stanze.

L'apparecchio componesi di una cassa metallica di forma parallelepipeda, o cilindrica disposta orizzontalmente, che si apre in uno dei lati verticali; questa cassa è attraversata da varii tubi orizzontali nei quali scorrè l'acqua che viene riscaldata mediante il vapore di una caldaja ad alta pressione posta ad una certa distanza dall'apparato; nella cassa sono distese orizzontalmente, a diverse altezze, reti di metallo, di legno, o di canape, sulle quali si mettono le sostanze che si vogliono disseccare; allorchè è così il tutto disposto, si chiude bene la cassa, e riscaldasi l'acqua dei tubi. Il calorico riduce in vapore l'acqua delle sostanze che si vogliono disseccare, allora apresi un rubinetto stabilito nella sommità della cassa, che la mette in comunicazione con un vase in cui si fa il vuoto, condensadovi il vapore che vi si è introdotto, il che facilita l'evaporazione, e così il prosciugamento delle sostanze avviene in brevissimo tempo. Per conoscere la temperatura dell'interno della cassa vi è stabilito un termometro che ha la pallina nel-

l'interno della cassa col tubo che sporge fuora. Le stufe a questo modo riscaldate sono d'immensa utilità per lo prosciugamento della polvere da sparo, e di tutte le sostanze facili a bruciare.

In molte arti come gli apparecchiatori di tele, i tintori, i fabbricatori di carta, gli stampatori con torchi meccanici ec.: interessa sì per la sollecitudine del lavoro che per maggior comodità una pronta prosciugazione. Ravvolte le tele sopra di un ruotolo, gli apparecchiatori le passono in un bagno di bozzima, e i tintori in un bagno di tintura; le introducono tra due cilindrì, come quelli dei laminatoi, per spremerne l'umidità eccessiva; di poi le fanno scorrere sopra varii cilindri formati da sottili lamine metalliche ripieni di vapore, e così in breve tempo sono apparecchiate, o tinte e asciugate, con risparmio di tempo e mano d'opera. Nelle fabbriche di carta, particolarmente in quelle che si fabbrica carta d'indeterminata lunghezza, era bene imbarazzaute il maneggiarla e passarla allo stenditojo; assoggettandola tra due cilindri spremitori, e indi sopra altri a vapore, si hanno così i fogli in brevissimo tempo asciugati. La stampa tipografica con torchi meccanici si ha col girare un cilindro e presentare i fogli di carta, e ritirarli stampati da ambe le parti; questa sollecitudine diveniva una superfluità, pel ritardo prodotto dal prosciugamento dei fogli; ma passandoli sopra cilindri a vapore sono asciugati in brevissimo tempo, e non resta a far altro che piegarli. Questi cilindri a vapore sono costruiti da sottili lamine metalliche, esse poggiano su due perni lavorati a guisa delle chiavi di rubinetti, che entrano in una madre nella quale girano; mediante questo meccanismo, met-

tesi l'interno del cilindro in comunicazione con una caldaja a vapore. L'interno di questo cilindro contiene una specie di coclea che raccoglie l'acqua che vi si condensa e la porta alla parte opposta del pernio, ove è raccolta da un tubo che la riconduce nella caldaja a vapore. Una delle più importanti applicazioni del vapore per l'asciugamento è al certo quella fattasi nella stampa dei tessuti, i quali passano prima tra due cilindri, uno dei quali, ch'è intagliato, pesca in un truogolo nel quale è posta il mordente che si vuole deporre sul tessuto, e poscia successivamente su varii cilindri a vapore che l'asciugano prontamente; e ciò fa che il mordente si combina meglio col tessuto

Il vapore presta uffici segnalati a diverse arti chimiche e all'economia domestica; si sa che l'acqua ridotta in vapore coadjuvata dall'azione del calorico si combina più facilmente ai corpi, o li discioglie con più sollecitudine; questa forza dissolvente del vapore aumentasi sensibilmente qualora la sua temperatura viene accresciuta, perciò si assoggettano taluni corpi alla sua azione nella marmitta papiniana; difatti prima che d'Arcet avesse manifestato il processo di estrarre la gelatina dalle ossa decomponendo in esse il fosfato e il carbonato calcareo, si otteneva mettendo le ossa nella marmitta papiniana.

Nel bucato a vapore usato da lungo tempo dagli orientali, e posto per la prima volta in uso in Francia dal Conte Chaptal, il vapore penetrando i pannilini imbevuti di lescivio, esposti alla sua azione in un tino, li purga perfettamente e con sollecitudine da ogni sozzura, e da qualunque miasma che potessero contenere. I

legni da tingere, e le sostanze organiche tintorie diedero maggior copia di materia colorante venendo esposti all'azione del vapore, che con gli altri metodi più comuni. I legnami da destinarsi per costruzioni assoggettati alla possentissima azione del vapore vengono purgati in pochissimo tempo dalle parti più facili a deperire per tarlo o per altre cagioni, acquistando maggior durezza e solidità.

CAPITOLO VI.

Meteorologia.

306. Si è dato il nome di *Meteorologia* a quella parte della fisica che ha per oggetto la ricerca delle cagioni produttici dei diversi fenomeni, che avvengono nell'atmosfera; tali sono la pioggia, la neve, la rugiada, la grandine, i venti gli aereoliti, l'aurora boreale ec.; questi fenomeni sono prodotti dalle diverse influenza del vapore acquoso, del calorico, della pressione atmosferica, dell'elettricità, e della luce.

Abbiamo detto (tom. 1.° pag. 147. n.° 107.) che i principii costanti che compongono l'aria atmosferica sono l'ossigeno, l'azoto, l'acido carbonico ed il gas acqueo; oltre a questi come abbiamo detto ne può contenere moltissimi altri, che possono variare nel numero, e nella quantità al pari del gas acqueo. Se l'aria risultasse dalla sola unione dell'ossigeno e dell'azoto, che sono nell'aria atmosferica in proporzioni determinate, non potremmo osservare in essa fenomeni meteorici si varii; stante che le cagioni che potrebbero determinarli sareb-

bero limitate al movimento di rotazione della terra, agli urti prodotti dai corpi in movimento, ed alle correnti prodotte dal calorico; queste cause quantunque potenti si limiterebbero a produrre i venti periodici e leggieri sì nelle regioni equatoriali, che nelle polari e nelle temperate. Posto ciò tutt'i grandi fenomeni atmosferici che noi osserviamo dipendono da sostanze straniere che possono venir lentamente, o subitamente sospese ed accumulate nell'aria. Queste sostanze sono quelle che producono una serie di fenomeni metereologici, che devono studiarsi attentamente nella loro origine, nelle loro proprietà, nelle diverse apparenze sotto le quali possono presentarsi.

307. *Delle nuvole, e della pioggia.* = Uno spazio determinato essendo ad una temperatura costante e in contatto di un liquido, contiene sempre la stessa quantità di vapori; e qualora si minora lo spazio, o la sua temperatura, o si l'una che l'altra, il vapore si condensa più o meno in corrispondenza delle variazioni maggiori o minori che ha subito. Le nuvole sono prodotte dalla condensazione fino ad un certo punto dell'acqua evaporata dalla superficie della terra, formando uno stato intermedio tra l'acqua liquida, e l'acqua allo stato gassoso, al quale si dà il nome di vapori vesciculari. Questo stato dell'acqua si può osservare nel porre avanti ad una finestra un liquido in ebollizione d'un intenso color bruno, come una forte decozione di campeggio; si osservano certi piccoli globetti, che si muovono con rapidità in tutt' i sensi, seguendo le diverse correnti aeree; si è congetturato che questi globetti vesciculari sieno vuoti, perchè non danno il fenomeno dell'arco baleno. I vapo-

ri vesciculari non si formano nel vapore puro, ma soltanto quando questi si trovano in unione con un gas permanente.

Si può spiegare la produzione delle nuvole a questo modo. Il calorico raggiante attraversando facilmente l'aria ed i gas, vaporizza l'acqua che incontra alla superficie della terra e diviene latente; i vapori acquosi, essendo più leggieri dell'aria, s'innalzano nello spazio; nelle regioni elevate trovando una temperatura più bassa si raffreddano e danno luogo ai globuli vesciculari, che intorbidano la trasparenza dell'aria, e costituiscono le nuvole, le quali percorrono nello spazio a seconda dei venti che dominano nelle regioni in cui sono situate, e salgono e scendono, svaniscono o si riducono in pioggia in corrispodenza delle variazioni di temperatura; il miscuglio di diverse correnti di aria umida può produrre le nuvole.

308. Le nuvole sono d'ordinario stabilite ad un' altezza di 600 a 1200 tese. Allorchè la temperatura diminuisce esse si ravvicinano alla superficie della terra, il che è confermato dall' esperienza, ed è facile capire che si devono trovare ad un' altezza maggiore in està che nell'inverno. Le variazioni di grandezza a cui vanno soggette le nuvole, e che tante volte questi cangiamenti sono quasi momentanei, dipendono dai cangiamenti nella temperatura e nello stato igrometrico dell'aria; il che avviene qualora i venti provenienti da diversi climi trasportano masse di aria calda o fredda, secca o umida, e che il calorico dei raggi solari aumenta o diminuisce.

La massa delle nuvole che si forma annualmente in un dato luogo dipende dalla quantità media di acqua

che l'atmosfera può contenere, e deve per conseguenza esser maggiore nei climi caldi. Questa conseguenza è verificata dal fatto che si osserva costantemente, cioè, che la quantità di pioggia prodotta annualmente dalla condensazione delle nuvole è, in generale, tanto maggiore per quanto il luogo è posto ad una latitudine più bassa: per altro molte circostanze locali, come la natura e l'elevazione del suolo, la vicinanza delle montagne, dei boschi, o del mare sono tante cause accidentali che modificano questi risultati.

309. *Pioggia.* Allorchè le nuvole sono in uno stato di condensazione, un raffreddamento maggiore determina la precipitazione dei vapori vesciculari allo stato di pioggia; il modo come si trasformano i vapori vesciculari in gocce di acqua non è ben conosciuto. Per altro la pioggia di raro dipende da queste sole cause, ma pare che vi sia una influenza elettrica, che da luogo a questa saturazione, producendo piogge violentissime ed improvvise; non si sa dare bastante spiegazione dell'influenza elettrica in questo fenomeno, ma il fatto è certo; dapoicchè se la pioggia avvenisse per la sola condensazione o per raffreddamento prodotto nelle nuvole non avrebbesi che una lenta precipitazione nei vapori vesciculari, che darebbero luogo ad una semplice nebbia, ad una nuvola bassa, ovvero ad una scarsa pioggia; potendo la pioggia avvenire pel concorso di diverse nuvole a differenti temperature, poste a diverse altezze, e spinte una verso l'altra dall'azione dei venti contrarii, che dominano nelle diverse regioni dell'atmosfera; di fatti difficilmente piove quando regna un sol vento con direzione determinata, osservandosi d'ordinario

succedere la pioggia qualora i venti nelle alte regioni conducono le nuvole cariche di vapori ad incontrarsi o ravvicinarsi; ed è ammissibile che il loro stato elettrico differente mantenghi in sospensione i vapori vescicu-lari, e che dietro l'incontro o l'avvicinamento manifestasi la scarica elettrica, uniformandosi in essi lo stato elettrico; a questo modo cessa l'attrazione scambievole tra i vapori vesciculari e cadono in pioggia. Dippiù risulta dalla tavola posta a pag. 391 di questo volume, che la tensione o forza elastica del vapore non è proporzionale alla temperatura; cosicchè diverse masse di aria a diverse temperature saturate di acqua, mescolandosi, la mescolanza che ne risulta è soprassaturata di vapori acquosi, in modo che l'eccesso n'è precipitato in pioggia.

310. Si misura la quantità di acqua che cade in ogni anno supponendola ripartita ugualmente sul suolo, e valutandone la grossezza dello strato che vi si forma come se non ne penetrasse nell'interno. Per valutarla si adopera un vase di forma cilindrica a fondo piano e orizzontale, chiamato *pluviametro*, al di sopra di questo vase vi è un imbuto di cui l'apertura superiore ha lo stesso diametro della base del cilindro; un tubo di vetro parte dal fondo di questo vase e si ricurva dirigendosi in direzione verticale per indicare il livello interno (Fig. 132); a questo modo si è trovato che la quantità di acqua che cade ciascun anno in un medesimo luogo non è la stessa, ma varia da un anno all'altro. Il signor Arago raccogliendo le osservazioni fatte per cento trenta anni trovò che la quantità media di acqua che cade in ciascun anno a Parigi è di centimetri 53, 348

o pollici 20, 45; simile travaglio è stato eseguito da altri fisici per diversi paesi, onde determinare le rispettive quantità medie di acqua che cadono ogni anno. Nella tavola seguente trovansi notate le quantita medie di acqua che cadono annualmente in diversi luoghi della terra.

	centim.		centim.
Capo Francese (St. Domingo)	308	Milano	94
La Granata (nelle Antille)	284	Liverpool (Inghilterra)	86
Tivoli (in St. Domingo)	273	Mangester (Inghilterra)	84
Garfaguana (nel ducato di Modena)	149	Venezia	81
Calcutta	205	Lilla	76
Kent (Inghilterra)	156	Utrecht	73
Genova	140	Londra	53
Charles-Town (Stati uniti d'America)	130	Parigi	53
Pisa	124		
Napoli	95	Pietroburgo	46
Duvre (Inghilterra)	95	Upsal	43

Sarebbe interessante che si moltiplicassero le osservazione metereologiche, e particolarmente quelle dirette a conoscere la quantità di acqua che cade ciascun anno in ciascun paese, non solo per moltiplicare i dati necessarii alla meteorologia, e così poter prevedere presso a poco gli anni scarsi di pioggia ed i piovosi; ma an-

che per valutare le dimensioni delle cisterne o serbatoi di acqua, e proporzionarli all' estensione dei tetti o terrazzi che vi scaturiscono l'acqua. Dalla tavola precedente risulta che nei luoghi più prossimi all'equatore cade più acqua che in quelli più distanti, il che è di accordo colle osservazioni del signor Humboldt, che provano che l' aria è più umida, essendo le altre circostanze uguali, a proporzione che i luoghi sono più vicini all' equatore. La quantità di acqua che si raccoglie è maggiore in prossimità del suolo che nei punti elevati, perchè le gocce di acqua s' ingrossano a misura che attraversano gli strati atmosferici più densi. Il signor Arago trovò che una differenza di livello di quattro metri diede una diminuzione di undeci centimetri di acqua sopra una quantità di 49 centimetri di acqua raccolta nel pluviametro superiore. La conformazione del suolo e la natura dei luoghi vicini hanno molta influenza sulla quantità delle acque piovane: in Egitto piove rare volte, il che può dipendere dalla natura sabbiosa dei terreni i quali si riscaldano molto per l' azione dei raggi solari, e si oppongono alla precipitazione delle nuvole, ed in Abissina le pioggie sono abbondantissime; ne paesi montuosi cade più acqua che nelle pianure; in vicinanza del mare e ne'luoghi dominati da certi venti le piogge sono copiose.

311. *Rugiada e brina*=Nella stagione estiva particolarmente l' aria atmosferica trovandosi pregna di vapore, se avviene nel corso della notte una dispersione di calorico dalla superficie terrestre per effetto d' irraggiamento, che non viene compensato dal calorico dei raggi solari, nè da irraggiamento dei corpi circostanti,

ne succede un abbassamento di temperatura alla superficie della terra, e gli strati di aria in prossimità di questa, minorando parimente di temperatura, sono obbligati a deporre una porzione più o meno grande di vapori che contenevano in corrispondenza di questa minorazione, i quali si depongono nello stato liquido nel suolo, coprendosi di una umidità, che non tarda ad accumularsi in gocciole pel rinnovamento dell'aria alquanto agitata. Un leggiero strato di paglia impedisce questo fenomeno; perchè essendo poco conduttrice del calorico, ne impedisce l'irraggiamento; una soverchia agitazione nell'atmosfera benanche si oppone a farlo succedere, perchè l'agitazione rapida e continuato dell'aria fa sì che gli strati di aria calda succedonsi in contatto del suolo e le restituiscono quella temperatura che perde per l'irraggiamento. È chiaro che se l'aria è secchissima non si osserva rugiada. Il Dr. Wells ha dedotto da una quantità di osservazioni fatte nel principio di questo secolo, che la rugiada dipende dal raffreddamento dei corpi prodotto per irraggiamento di calorico; avendo osservato che essa non si deposita su tutt'i corpi in quantità uguali o in proporzione all'estensione delle loro superficie; stante che le erbe, le foglie, il legno, la carta, il vetro si covrono abbondantemente di rugiada, e che i metalli, posti nelle stesse circostanze, restano secchi o poco bagnati; e tra questi il ferro, l'acciajo, lo zinco, il piombo sono qualche volta umidi; al contrario l'oro, l'argento, il rame lo stagno sono sempre secchi; osservandosi i primi tanto più bagnati quanto più sono scabri. Lo stato di divisione meccanica ha molta influenza sulla quantità del deposito umido; co-

sicchè la secatura, o le schegge di legno staccate dall'ascia, o dalla pialla si bagnano più del legno compatto, il cotone e la lana sfilata aumentano più di peso dei pannilini e dei tessuti di lana. Dippiù che la rugiada è più abbondante in quei punti della superficie della terra che hanno un orizzonte più libero, e che non sono mascherati da qualche lato dai corpi circonvicini. Di fatti avendo preso quantità uguali in peso di lana sfioccatá, una la situò nel fondo di un lungo tubo opaco disposto con l'apertura in alto, e l'altra in un sito vicino non riparato, questa si umettò molto più della prima; osservò costantemente che la rugiada è sempre meno, e qualche volta manca sulle piante situate sotto gli alberi o in vicinanza di un edificio; ed è più abbondante sulla cima dei monti che nelle vallate. Queste osservazioni hanno fatto decidere che la natura dei corpi e lo stato delle loro superficie che meglio favoriscono la precipitazione dell'umidità sono nel rapporto diretto colla loro facoltà raggiante, e che la quantità di acqua che si deposita su di essi è tanto maggiore a proporzione che i corpi vicini sono in circostanze meno favorevoli a restituirli le quantità di calorico perdute per irraggiamento. Dietro queste osservazioni il signor Wells conchiuse che il deposito della rugiada avviene pel raffreddamento dei corpi situati sulla superficie della terra, raffreddamento che succede per effetto d'irraggiamento; conoscendosi che i corpi si raffreddano più, a proporzione che si trovano in circostanze più atte ad irraggiare il loro calorico. Per convalidare maggiormente l'esposta teorica, osservò nelle notti più favorevoli alla produzione della rugiada, che i termometri posti sull'erba e in

contatto con i corpi su cui la rugiada doveva depositarsi a preferenza, marcarono una temperatura di 4,5,6 e fino ad 8 gradi meno di quella di un altro termometro situato ad un piede circa più alto ; e stando in questa posizione se una nuvola passava pel zenit, i termometri inferiori montavono rapidamente approssimandosi alla temperatura del termometro sospeso ; lo stesso osservò situando una lamina opaca , o orizzontalmente al di sopra, o verticalmente a lato di uno dei termometri posti in contatto del suolo.

La quantità della rugiada non dipende soltanto dalla diversa proprietà raggiante dei corpi che li raffredda più o meno , ma benanche dallo stato igrometrico dell' aria; cosicchè qualora le correnti di aria vengono dal mare, dai laghi, o da siti bagnati, e qualora le circostanze favoriscono l' evaporazione , la rugiada sarà più abbondante ; per tal ragione in Egitto è più abbondante qualora dominano i venti del nord , in Francia qualora spirano i venti del sud e dell' ovest, e presso di noi allorchè domina lo scirocco.

Brina. Se poi nei fenomeni precedenti l'abbassamento di temperatura giunge al di sotto di zero , l' acqua che si depone agghiacciasi , formando ghiacciuoli che dicesi *brina.* Tale meteora si osserva nei luoghi freddi in primavera e nell' autunno dopo una notte serena al levare del sole. Si sa quanto sia dannoso questo avvenimento agli alberi, particolarmente in primavera, allorchè i teneri germogli pieni di succo ne vengono colpiti; i piccoli ghiacciuoli che si formano nel loro tessuto, per l' abbassamento di temperatura prodotta dall' irraggia-

mento, lacerano i vasi e cagionano la morte del vegetabile o di parte di esso.

312. *Nebbia*=La nebbia rassomiglia ad una nuvola leggiera, e viene prodotta da esalazioni de' luoghi umidi; stante che il calorico dei raggi solari solleva una quantità di vapori, che di giorno sono per lo più invisibili, ma nel declinare del sole, non ostante che l'aria si raffredda, lo svolgimento dei vapori continua, perchè il suolo trovasi ancora riscaldato; e pel raffreddamento dell'aria questi vapori si addensano e si cangiano in vescichette che ne turbano la trasparenza. Queste vescichette ricadono pel proprio peso e bagnano le erbe, come fa la rugiada; pur non pertanto questo fenomeno deriva da diversa cagione di quella della rugiada.

313. *Neve, e gelo*=Allorchè l'aria atmosferica soffre un abbassamento significante di temperatura, l'acqua, che rattrovasi in vescichette acquose, agghiacciasi in piccoli globetti che si riuniscono conformandosi in tanti piccoli cristalli stellati, presentando i cangiamenti che avvengono in questo genere di fenomeni. Quindi è che le stesse cagioni che determinano la pioggia, allorchè l'abbassamento di temperatura è mite, fanno cadere fiocchi gelati più o meno abbondanti qualora la temperatura minora di molto. Questo fenomeno per lo più avviene in un'aria alquanto tranquilla, benchè la neve sia spinta con forza dai venti.

Questi depositi successivi che avvengono nel corso dell'inverno si ammucchiano particolarmente sulle montagne elevate, ove regna quasi costantemente una temperatura bassa, e formano strati di diversa spessezza; le pioggie che cadono in seguito ne riempiono gl'interstizii

si raffreddano e riduconsi in ghiaccio, costituendo quegli immensi massi che diconsi *ghiacciaje ;* le quali si conservano per la temperatura bassa che regna costantemente in questi luoghi elevati , essendosi osservato sulla cima delle Alpi nei grandi calori della state la temperatura di zero o poco al di sopra ; dapoicchè la superficie bianca e unita della neve fa sì che i raggi solari ne sono reflessi quasi in totalità, e non li comunicano quella quantità di calorico necessaria per la liquefazione; essendosí dimostrato che per passare una libbra di ghiaccio nello stato liquido ha bisogno tanto calorico esattamente uguale e quello che bisogna per passare una libbra di acqua liquida dalla temperatura di 0° a quella di 60° del termometro di Reaumur, o di 75° del termometro centigrado. Tutte queste circostanze fanno sì che si ha soprapposizione di stati di neve in ogni inverno , stante che nella state non si ha che lo scioglimento di porzione di neve in contatto del suolo , prodotta dal calorico terrestre ; e per tal ragione suole avvenire che massi di neve staccansi dalla terra e scorrendo sopra piani inclinati vanno a fermarsi nelle pianure inferiori.

La neve conservasi nella state a diverse altezze dal livello del mare in corrispondenza delle diverse latitudini. Dalle osservazioni dei signori Saussure e Humboldt, conosciamo che sotto l'equatore, ove la temperatura media è di 27° centigradi, le nevi perenni incominciano dall'altezza di 4800 metri dal livello del mare andando in sopra; alla latitudine di 45°, la temparatura media è di 10,6, le nevi perenni incominciano dall'altezza di 2550 metri; a 62° di latitudine, essendo la temperatura media di 4° ; la neve trovasi all'altezza di

1750° metri; finalmente a 65°, la temperatura media è a 0°, e la linea nevosa è all'altezza di 900 metri.

Del *Lampo*, e del *Tuono*, e dei fenomeni che l'accompagnano potrà leggersi ciò ch'è detto al n.° 164 e seguenti. Così pure al n.° 39 e seg. si trova descritto il fenomeno dell'*Iride* o *Arco baleno*.

314. *Trombe ò Sifoni* = Talune volte dopo i grandi calori ed un tempo tranquillo scorgesi una densa nuvola che si allunga verso la terra o il mare, conformandosi a guisa di un cono rovesciato, la di cui base è in alto ed il vertice in basso; qualora questo fenomeno avviene in mare il vertice discende fino all'acqua e la solleva in vortice, formando un altro cono ascendente che ha la base sul mare e l'asse in comune col primo; talune volte sembra aver origine dal mare ed elevarsi fino alle nuvole, avendo spesso una base del diametro di più di 100 canne. Questa meteora chiamata *tromba o sifone* è da temersi moltissimo, camminando essa con molta violenza, trascinando tutto ciò che incontra, sradicando alberi, abbattendo muraglie, tetti, e trasportandoli in siti più o meno distanti; scaricando enormi quantità di acqua e di grandine.

Le trombe si credono dipendere da impetuose correnti di aria dirette in senso opposto, e di tanta forza da imprimere un movimento vorticoso a tutto ciò che incontrano. Si fa dipendere questa meteora da cagione elettrica senza di che non potrebbonsi spiegare i grandiosi disastri ch'è al caso di produrre; tanto più che la sua apparizione è spesse volte accompagnata da scariche elettriche.

315. *Aereoliti* = La caduta delle pietre dall'aria è

un fatto incontrastabile. Ma sono esse lanciate dai vulcani lunari come taluni han preteso? avendone calcolàta la forza di projezione necessaria per passare dal dominio dell'attrazione lunare a quella terrestre, che deve essere quadrupla di quella prodotta da circa 6 rotola di polvere nello spingere una palla di cannone; o pure dipendono esse da schegge dei pianeti che s'incontrano nell' atmosfera, e animate da immensa velocità s' infiammano pel loro urto coll' aria e cadono pel proprio peso? Questa è una quistione che non si può ancora decidere.

Non ostante la grande affinità dell'ossigeno pel ferro, pure questo si rattrova nello stato nativo in natura, e si crede che questo sia caduto dall'aria per la somiglianza di questi pezzi con quelli caduti di recente, presentando la stessa spezzatura cavernosa ed una superficie vetrosa. Dalle analisi dei signori Howard, Klaproth, Vanquelin, Stromeyer, Laugier, la composizione chimica degli aereoliti è presso a poco di 50 di silice, 25 di ferro in parti ossidato, 5.5 di manganese, 4.5 di solfo, 2.5 di nickel metallico, 1.5 di manganese ossidato, ed 1.5 di cromo, e piccola porzione di cobalto; il loro peso specifico è di 3.6 circa. Negli aereoliti di un peso considerevole il ferro, il manganese, e anche il silicio si rettrovano per la maggior parte nello stato metallico. Il sig. Chladni ha dato un catalogo cronologico degli aereoliti caduti in diversi luoghi.

316. *Aurora boreale* = L'aurora boreale apparisce nel nostro emisfero dal lato nord tendente un poco verso l'ovest; essa vedesi ben di raro nei nostri climi, ma è più frequente a misura che si va verso il polo, tal-

mentecchè nelle alte latitudini si mostra in un modo così regolare e permanente, che supplisce alla mancanza della luce solare nelle notti lunghissime di questi luoghi. Questa meteora ordinariamente manifestasi dopo il tramonto del sole come una nebbia luminosa, che presenta in un tempo di calma la forma di un segmento di cerchio, la di cui parte convessa è in alto; questo segmento apparisce terminato da archi concentrici separati da bande oscure, dalle quali partono alcuni getti di luce diversamente coloriti, che si ripetono talune volte con tanta rapidità da far apparire il segmento in movimento. Il fenomeno si mostra in tutta la sua grandezza qualora il segmento ha acquistata la sua maggiore estensione, manifestandosi al zenit una corona infiammata che figura da centro, verso di cui si dirigono tutt'i movimenti; finalmente il fenomeno diminuisce gradatamente, i getti di luce e le loro vibrazioni si succedono più di raro, in seguito tutta la luce si concentra verso il nord, e di poi tutto dispare. È necessario avvertire che non sempre le aurore boreali presentano tutte queste diverse particolarità, e quel tanto che abbiamo detto si osserva in una grande aurora boreale. Simile fenomeno si osserva benanche nell'emisfero australe verso il polo sud, che potrebbe dirsi aurora australe.

Differenti ipotesi si sono immaginate per spiegare questo fenomeno. Francklin credè che l'elettricità trasportata per le nuvole dall'equatore ai poli, accumulata ch'è in questi punti dalla caduta continua delle nevi, rimonta a traverso l'atmosfera. Mairan la fa dipendere dalla caduta di una porzione dell'atmosfera solare attirata dalla terra, qualora questi pianeti trovansi nella

massima prossimità; il fenomeno appare verso i poli, perchè le molecole di aria dell' equatore, avendo una grande velocità, spingono verso queste regioni le molecole dell' atmosfera solare attirate dalla terra. Eulero credè che i raggi solari esercitando una impulsione sulle particelle dell'atmosfera, le spingono ad una grande distanza, e le rendono luminose riflettendosi sulle loro superficie.

Per altro la maggior parte dei fisici pensano che vi è un rapporto intimo fra la cagione dell'aurora boreale e quella del magnetismo terrestre: di fatti oltre la corrispondenza che si osserva costantemente fra l'apparizione dell'aurora ed i movimenti irregolari dell'ago, i quali sono tanto più sensibili per quanto l' aurora boreale è più splendita e grandiosa; si è riconosciuto: 1.° che gli archi concentrici poggiano su punti ugualmente lontani dal meridiano magnetico; 2.° che il punto più elevato di ciascun arco si trova nel meridiano; 3.° finalmente che il punto ove i raggi luminosi partiti dall' orizzonte si riuniscono è precisamente quello verso il quale si dirige un ago calamitato sospeso pel suo centro di gravità. L' agitazione dell' ago calamitato è quasi sempre indizio del fenomeno dell'aurora boreale, la quale se non è apparente in quel dato sito è osservabile in altro luogo. Il signor Arago, che il primo nel 1825 ha annunciato questa osservazione fondamentale, tiene registro esatto delle deviazioni degli aghi calamitati dell'Osservatorio di Parigi, e paragona in seguito gl'istanti in cui succedono queste deviazioni con quelli nei quali si osservano le aurore boreali negli Stati Uniti, nella Scozia, nella Norvegia, e nei differenti mari pe-

lari dai navigatori ; i risultati di queste osservazioni si possono esaminare nei numeri di decembre di ciascun anno degli annali di fisica e di chimica, dal che ciascuno resterà colpito dalla coincidenza perfetta tra l'apparizione dell'aurora boreale in qualche luogo del nord e la deviazione dell'ago a Parigi; talmente che bisogna conchiudere col signor Arago che le deviazioni dell' ago a Parigi sono segni per predire le aurore boreali che si osservano nella Lapponia , nella Groenlandia , e da tutti gli abitanti delle regioni polari. Lo stesso fisico ha cercato di conoscere se le aurore australi deviano l'ago a Parigi; ma siccome il più delle volte queste coincidono con le aurore boreali, non ha potuto decidere se la deviazione dell' ago vien prodotta da aurore apparsa nel polo nord o sud. Dietro ciò pare che non si possa dubitare di un legame tra questo fenomeno e quelli del magnetismo; ed è presumibile che l' aurora boreale dipenda , come il magnetismo, da azione elettrica.

317. *Aloni, e Fuoco di St. Elmo* = Gli Aloni sono corone luminose quasi circolari che si mostrano alcune volte intorno al sole ed alla luna ; ordinariamente se ne forma una sola il di cui diametro costante è di circa 45°; se ve n'è una seconda questa ha un diametro doppio della prima. Gli aloni del sole qualora sono colorati, il rosso che è sempre più marcato è al di dentro, e l'indaco è al di fuora ; la larghezza della banda colorata dal rosso all'indago è di un grado. Negli aloni della luna non si è mai osservata diversità di colorito.

Cartesio credè che gli aloni fossero prodotti da piccole stelle di neve ; Huyghens da piccole sfere ; finalmente Mariotte da piccoli cristalli prismatici i di cui

angoli diedri sono di 60° ; il signor Arago ha provato che l'ipotesi di Mariotte è conforme alla verità (*Bulletin de la societé philomatique 1825.*)

Il fuoco di St. Elmo si osserva in mare in tempo burascoso sotto forma di una fiammella di color violetto scintillante nella sommità delle antenne , e si attribuisce ad una comunicazione dell'elettricità atmosferica con questi corpi.

318. *Parelii o falsi soli* = I parelii consistono nell'apparizione simultanea di molte immagini del sole che si mostrano sull'orizzonte alla stessa altezza del sole , e sono unite da un cerchio bianco orizzontale il di cui polo è al zenit; questo cerchio sale e scende contemporaneamente col vero sole, ed ha il suo diametro apparente sempre uguale alla distanza di quest'astro dal zenit. Le immagini del sole che compariscono su questo cerchio dallo stesso lato del sole vero presentano i colori dell'iride , e talune volte questi colori si estendono nelle porzioni del cerchio vicino; al contrario le immagini che si formano dal lato opposto al sole sono sempre incolori. Il signor Huyghens ne ha data una spiegazione plausibile , ch'è stata adottata da Newton ; essa consiste nella refrazione o reflessione dei raggi luminosi in ghiacciuoli di forma quasi cilindrica disposti in posizione verticale , le di cui pareti sono trasparenti , avendo nell'interno un nocciuolo opaco.

319. *Temperature dei diversi climi*=La conoscenza delle temperature dei diversi punti del globo interessa moltissimo , particolarmente per studiare le leggi di una quantità di fenomeni meteorologici ; per tal ragione si sono moltiplicate le osservazioni termometriche

per dedurne la temperatura media di ciascun sito; questa si ha prendendo la temperatura media di ciascun giorno, da queste ricavarne quella di ciascun mese, quella di ciascun anno, e finalmente quella di un gran numero di anni. L'esperienza ha fatto conoscere che per determinare la temperatura media di un giorno in un luogo dato, basta prendere la temperatura media di tre osservazioni fatte, una al sorgere del sole, e l'altra due ore dopo il mezzogiorno, e la terza al tramontare del sole; ovvero prendere la media della massima e della minima delle diverse temperature osservate in un giorno; e che la temperatura media di ciascun anno è sensibilmente la stessa di quelle dei mesi di ottombre ed aprile, e si può dedurre anche prendendo la media delle temperature osservate in tutt'i giorni dell'anno alla stessa ora, la quale ora varia con la latitudine del luogo.

La temperatura media di ciascun giorno è l'elemento principale di tutte queste ricerche; il processo il più semplice, e forse lo più esatto che si può impiegare per avere questo dato fondamentale, consiste a determinare la più grande e la più piccola temperatura del giorno; e può essere utilissimo per questo il termometro a massimo e minimo, di cui è necessario conoscerne la costruzione. Il più comodo degli strumenti di questa specie è quello di Rutherford; questo consiste in due termometri graduati nel modo ordinario, e fissati sopra una stessa lamina, in modo che le loro aste sieno disposte in posizione orizzontale (Fig. 133). Il termometro a massimo è a mercurio, ed è ordinariamente situato in alto, e quello a minimo è ad alcool; il termometro a mercurio racchiude un piccolo cilindro di ferro, so-

stanza che non è bagnata dal mercurio; e quello ad alcool un simile cilindretto di smalto che è bagnato dall' alcool. Questi due cilindretti hanno un diametro più piccolo del diametro interno dei tubi, e servono per indice nei due termometri; il termometro a mercurio marca la massima temperatura che si è prodotta, stante che l'indice di ferro è spinto dal mercurio in avanti, ove rimane allorchè la temperatura si abbassa ed il mercurio si restringe; il termometro ad alcool serve per indicare la più bassa temperatura che vi sia stata, dappoichè lo spirito di vino restringendosi trascina con se il cilindretto di smalto posto nella sommità della colonna liquida, e nel dilatarsi oltrepassa il cilindretto senza spostarlo. I gradi in cui si trovano stabiliti questi indici nei due termometri indicano evidentemente la temperatura massima e minima che vi è stata in quell' intervallo di tempo nel quale il termometro è stato abbandonato a se stesso. Marcata che si è la temperatura massima e minima di quel dato periodo di tempo decorso, per rendere lo strumento atto a marcare le temperature massime e minime dei periodi successivi, basta situare per un momento l'apparecchio in modo che i tubi sieno in posizione verticale e darvi una leggiera scossa, acciò il cilindro di ferro ricada sul mercurio e quello di smalto rimonti sulla superficie dell' alcool.

Il termometro di Six perfezionato da Bellani può benanche servire a riconoscere le temperature massime e minime; esso consiste in un termometro ad alcool rovesciato, il di cui serbatojo è spazioso, la sua asta doppiamente ricurvata contiene il mercurio nel basso delle due braccia verticali; le due estremità della colonna

*

mercuriale una è in comunicazione colla colonna liquida del termometro, e l' altra è sormontata da una colonna di alcool, che va a terminare nell' alto nel fondo di una vaschetta aperta; sulle sommità delle colonne mercuriali galleggiano due cilindretti di ferro che vengono sollevati nelle variazioni di temperatura, e sono ritenuti nella maggiore altezza a cui giungono mediante piccoli anelli di capelli, che premono a guisa di molle sulle pareti del tubo; da questa costruzione si vede bene che i siti ove restano indicano, uno la più alta, e l' altro la più bassa delle temperature avvenute in quel periodo di tempo nel quale lo strumento non è stato mosso. Allorchè si vogliono far discendere gl' indici e farli rimettere sulle superficie del mercurio per assoggettare lo strumento a nuove osservazioni, si fanno attirare da una calamita di tanta forza da vincere la resistenza prodotta dagli anelli di capello sulle pareti del tubo. Per l'esattezza di queste osservazioni bisogna che lo strumento sia esposto al nord, e che sia esentato dell' influenza d' irraggiamento che potrebbero su di esso esercitare le pareti dei corpi vicini sì verticali che inclinate, finalmente bisogna che l'aria l' inviluppa totalmente, e potesse circolare liberamente intorno.

320. *Linee isoterme*=Su di uno stesso meridiano la temperatura media diminuisce andando dall'equatore ai poli, e su di una stessa verticale la temperatura diminuisce con l'altezza; in modo che la latitudine e l'altezza dal livello del mare sono due cause generali che determinano la temperatura media di un punto della terra; ma l' influenza di queste cause è modificata da una quantità di circostanze locali o accidentali: la distanza

dal mare, la presenza delle montagne, la natura del suolo, la sua coltura e inclinazione, la direzione dei venti e tutt' i fenomeni atmosferici sono tante cause secondarie, costanti o variabili che modificano queste cause generali. Dietro questo sembra ben difficile dare una definizione delle linee isoterme che potesse abbracciarle in un sol punto di vista, cosicchè la più semplice e precisa è la seguente: le linee isoterme sono quelle linee menate per i diversi punti della superficie terrestre, che hanno una stessa temperatura media; così la linea isoterma che passa per la città di Napoli non coincide col parallelo di Napoli, ma è irregolare e sinuosa, passando per punti in cui la latitudine è diversa da quella di Napoli; lo spazio compreso tra due linee isoterme chiamasi *banda o zona isoterma*; cosicchè la zona isoterma di 10° a 15° è quella compressa tra le linee isoterme di 10° e di 15.° L'emisfero boreale dividesi in sei zone isoterme e sono: 1.ª la zona compresa tra le linee isoterme di 30° centig. e 23.° 5, che corrisponde alla zona torrida; 2.ª quella compresa tra le linee isoterme di 23.° 5 e 20°; 3.ª quella tra 20° e 15°; 4.ª quella tra 15° e 10°; 5.ª quella tra 10° e 5°; e 6ª quella tra 5° e 0.° Napoli la di cui temperatura media e 19.° 5 trovasi nella 3.ª zona isoterma.

Il clina dipende dalla temperatura media dell'anno, e dalle variazioni che la temperatura dei giorni, dei mesi, e delle stagioni possono provare; in modo che dicesi clima *brugiante* quello della zona torrida; *caldo* quello della 2ª zona; *dolce* quello della 3ª; *temperato* quello della 4ª; *freddo* quello della 5ª; e *freddissimo* quello della 6ª; dippiù in ciascuno o nello stesso clima

non osservandosi una differenza significante tra il massimo caldo ed il massimo freddo chiamasi *clima costante*; e qualora si marcano grandi differenze dicesi *clima variabile*.

321. *Temperature a diverse profondità dalla superficie terrestre* = Nel 1671 il celebre Cassini riconobbe che la temperatura delle cave dell' osservatorio di Parigi non subiva variazione nel corso di un anno, ed il signor Lahire osservò lo stesso nel 1730; ma il conte Cassini rimarcò il primo l' importanza di questo fenomeno, avendo principiato nel 1771 un seguito di osservazioni; e di poi nel 1783 con Lavoisier stabilirono nel fondo di queste cave un apparecchio sensibilissimo che consiste in un termometro, la cui bolla essendo del diametro di circa due pollici e mezzo, e il tubo strettissimo, ciascun grado è compreso in una lunghezza di 42 a 43 linee, in modo che si possono marcare i mezzi centesimi di grado. Le antiche osservazioni del signor Cassini e quelle fatte con assiduità in 32 anni dal signor Bouvard dimostrano ad evidenza, che da più di 50 anni la temperatura delle cave dell'osservatorio è stata costante, ed è di 11°. 82; dappoichè in tutto questo tempo il termometro non ha marcata variazione al di là di 25 centesimi di grado al di sopra o al di sotto di 11°. 82; e questa lieve variazione si crede dipendere da una leggiera corrente di aria in questo sotterraneo, prodotta da cagioni accidentali. Quantunque per questo solo punto vi sia una lunga serie di osservazioni continuata per più di mezzo secolo, pure siccome il fenomeno si mostra con tanta regolarità, così non può esser accidentale e limitato a quel solo punto, e si può credere che in tutt'i

siti vi è un punto al di sotto del suolo in cui la temperatura resta costante, qualunque sieno le variazioni estreme che avvengono alla superficie della terra. La serie di questi punti di temperature invariabili formano nell'interno del globo una superficie che vien detta *strato invariabile;* questa temperatura per Parigi differisce dalla temperatura media, ch'è di 10°. 6, di più di un grado, e quantunque non possiamo niente stabilire sulla profondità precisa a cui bisogna giungere per arrivare a questo strato invariabile, pure ammettendo che da per tutto la temperatura invariabile non diversifica di molto dalla temperatura media, si può raggiungerla con discendere alla profondità di 40., 60, o 80 piedi. Questo strato invariabile non dovrà avere una curvatura regolare, dappoichè i piani, le montagne, le valli, la natura del suolo, i laghi, i mari, e mille altre cause, forse danno luogo a queste sinuosità, che l' esperienza sola ci può far conoscere.

Tra la superficie del suolo e lo strato invariabile non si hanno che un piccolo numero di osservazioni, e queste per lo più ad una piccola profondità, dalle quali si può dedurre; 1.° che nel mese di agosto la temperatura va decrescendo in modo quasi uniforme dalla superficie del suolo fino allo strato invariabile; 2.° che nel mese di settembre la temperatura è quasi uniforme dalla superficie del suolo fino alla profondità di 15 a 20 piedi; e da questo decresce lentamente fino allo strato invariabile; 3.° nei mesi di ottobre e novembre la temperatura va crescendo dalla superficie del suolo fino alla profondità di 15 o 20 piedi, e al di là di questa si trova presso a poco uguale alla temperatura dello strato inva-

riabile; 4.° nei mesi di dicembre gennajo e febbrajo la temperatura va crescendo in un modo quasi uniforme dalla superficie del suolo fino allo strato invariabile; 5.° nei mesi di marzo e aprile va decrescendo rapidamente fino alla profondità di uno o due piedi, più basso decresce ma con minore intensità, e finisce con divenire crescente; 6.° durante i mesi di maggio giugno e luglio la temperatura è anche decrescente ma meno rapidamente e fino ad una profondità maggiore, dipoi cresce per raggiungere la temperatura dello strato invariabile. Le osservazioni del signor Arago, fatte nel giardino dell' osservatorio con termometri ad alcool di molta precisione stabiliti a diverse profondità, c' istruiscono che il suolo nello strato superficiale, e propriamente tra una linea e un pollice di profondità, ha sempre una temperatura differente da quella dell' aria, la quale varia in corrispondenza della natura chimica del suolo, dello stato di aggregazione, della facoltà conduttrice e raggiante, dello stato di secchezza o umidità, e delle tante cause atte a modificare i gradi di calore o di freddo nel giorno e nella notte; e quantunque queste cause sieno sì varie da non poterne dedurre una legge generale, pure si può asserire che la superficie del suolo ha di giorno una temperatura molto più alta della temperatura dell' aria, e nella notte molto più bassa: di fatti nel nostro clima non è difficile trovare la temperatura del suolo nei giorni di està a 30 o 40 gradi; e spesso nel corso della notte ricade ad 8 o 10 gradi al di sotto la temperatura dell' aria, e nelle giornate d' inverno si possono osservare differenze maggiori.

322. Molti osservatori avevano riconosciuto, è qual

che tempo, che nelle profondità delle miniere si sente un calore sensibile, ma nel tempo attuale si mette più interesse alla spiega dei fatti che ad osservali. Boyle attribuì questo calore sotterraneo alla decomposizione delle piriti, o piuttosto a quelle specie di fermentazioni a cui gli antichi ricorrevano spesso per dare spiegazione a fenomeni per essi inesplicabili; altri lo riguardarono come una conseguenza del fuoco centrale, ipotesi ch'è stata più volte abbracciata e confutata dai fisici; ma subito che lo spirito di dubbio e di esame successe allo spirito sistematico, e s'incominciò a ricercare il vero per la via dell'esperienza e non per sottigliezza metafisica, si capì che l'esistenza o non esistenza del fuoco sotterraneo era una delle più intricate quistioni della fisica, e che per la soluzione sarebbero più efficaci le osservazioni termometriche, che le più eloquenti dissertazioni. Gensanne pare che sia stato il primo osservatore che nel 1740 abbia portato il termometro a profondità gradatamente crescenti, e che abbia scoverto il fatto importante: cioè, che la temperatura aumenta con la profondità; le sue osservazioni furono fatte nei cavi delle miniere di piombo di Giromagni, i di cui risultati sono i seguenti.

Profondità	Temperature
a 101 metri	12.°5 centigr.
206	13.1
308	19.0
433	22.7

Il signor Saussure nel 1785 fece sperimenti analoghi nel cantone di Berna, in un pozzo scavato con gallerie laterali ad una grandissima profondità, e trovò le temperature seguenti

Profondità	Temperature
a 108 metri	14.4 centigrati
183	15.6
220	17.4

Nel 1791 il signor Humboldt col signor Freiseleben fece una serie numerosa di esperienze nelle miniere di Freyberg, e nel 1802 il signor Daubuisson fece redivivere questa quistione e da quel tempo le osservazioni si sono moltiplicate nelle principali miniere di Europa, e dal signor Humboldt furono scrupulosamente esaminate le temperature dei pozzi delle miniere di America fino ad una profondità di 522 metri. Il signor Cordier nel 1827 ha pubblicata una memoria sulla temperatura della terra inserita nelle memorie del museo di storia naturale, ed i risultati di queste osservazioni e di quelle eseguite prima hanno menato alle conseguenze seguenti. 1.° Al di sotto dello strato invariabile in ciascun punto le temperature restano costanti a tutte le profondità senza subire la minima variazione pel corso di anni; 2.° in tutt' i luoghi in cui si sono fatte osservazioni al di sotto dello strato invariabile si è trovato, senza eccezione alcuna, che le temperature vanno crescendo colla profondità; 3.° l' accrescimento di temperatura colla profondità va soggetto a risultati differentis-

simi in corrispondenza delle differenti località : di fatti per avere l'accrescimento di 1° di temperatura bisogna discendere alla profondità di 28 metri nell' osservatorio di Parigi , 40 metri in Brettagna , circa 26 metri in Svizzera , circa 40 metri in diverse miniere di Sassonia , circa 25 metri in Cornovaglia , e circa 25 metri in Guanaxato in America ; in modo che si può dire in generale approssimativamente che per avere un grado di accrescimento nella temperatura bisogna discendere da 25 a 30 metri al di sotto del suolo ; ma le irregolarità che si osservano sì al di sopra , che al di sotto di questo termine medio non hanno niente di sorprendente qualora si hanno presenti tutte le cause che possono modificare la distribuzione del calorico nei diversi strati del nostro globo.

323. Questo accrescimento di temperatura che si osserva , non può essere attribuito nè alla presenza degli operai nè alle lampadi di cui hanno bisogno per illuminare questi siti privi dell'influenza della luce solare ; sì perchè si osserva nelle miniere da lungo tempo abbandonate , e nei corsi di acqua che scorrono nel fondo di esse , come pure perchè si accresce colla profondità. Pur non pertanto il signor Cordier ammettendo l' influenza possibile di queste diverse cagioni e di quella delle correnti di aria stabilite in diverse miniere nelle diverse stagioni dell' anno dimostra per mezzo di calcolo , che tutte queste cause accidentali riunite possono , fra certi limiti strettissimi , fare oscillare le temperature sotterranee , ma non possono nè produrle nè sostenerle tal quale si osservano ; talmente che tolte le cause accidentali, non ci resta a cercarla che fra tre cagio-

ni generali, e pare impossibile nello stato attuale delle conoscenze dimostrare a quale di esse è dovuta.

Si può ammettere in primo luogo che l'accrescimento di temperatura risulta dalle azioni molto più energiche che altra volta il sole ha esercitato sulla terra; in secondo luogo che può risultare dal calorico sviluppato dalle combinazioni chimiche, che non cessano di effettuirsi ad una profondità più o meno grande, di che i vulcani ci somministrano pruove evidenti; in terzo luogo che può risultare da un fuoco centrale come dicevano gli antichi, o piuttosto da un calore primitivo che la terra godeva nella sua origine, il quale si conserva a grandi profondità e si va dissipando negli strati superficiali a seconda delle diverse circostanze locali.

324. *Temperature a diverse altezze dalla superficie terrestre.* = È da tutti conosciuto che la temperatura decresce a proporzione che si va più in alto, e di ciò si ha una pruova chiarissima nelle nevi eterne che covrono le alte montagne, come le Alpi e i Pirenei nel clima temperato, e il Chimborazo e i vulcani di Cotopaxi e di Antisana sotto la zona torrida, quasi immediatamente sulla linea equatoriale. I fisici sono da lungo tempo occupati a cercar la legge di questo decrescimento e la cagione produttrice; ma per fornirci di lumi su di ciò bisogna aver presente le principali osservazioni fatte su quest'oggetto sì in Europa che nella zona equatoriale espresse nella tavola seguente.

	Stazioni	Temperature delle stazioni superiore, e inferiori	Differenze di temperature tra le due stazioni	Distanza verticale tra le due stazioni	Altezza in metri pel raffreddamento di 1.° centigrado
				m.	m.
1	Areostato di Gay-Lussac Parigi	— 9.5 30.8	40.3	6979	174
2	Chimborazo Mare del sud	— 1.6 25.3	26.9	5879	219
3	Monte-bianco Genova, a mezzo giorno	— 2.9 28.3	31.2	4374	140
4	Monte-bianco Genova a 2 P. M.	— 1.6 27.6	29.2	4374	150
5	Monte-bianco Sciomont a mezzo giorno	— 2.9 23.0	25.9	3772	144
6	Picco di Teneriffo Orotava (Cordier)	— 8.4 24.9	33.3	3729	112
7	Etna Catania (Saussure)	+ 4.4 23.1	18.7	3237	178
8	Pic-du Midi Tardes 26 luglio 1809	+ 11.6 27.5	15.9	2613	164
9	Pic-du Midi Tardes 30 settembre 1803	+ 4.3 14.8	10.5	2613	249
10	Pic d'Epyre Tardes	+ 11.0 21.3	10.3	2147	208
11	Puy-de-Dome Clermont 29 Giugno 1808	+ 15.2 24.8	9.6	1066	122

Nella prima colonna trovansi notate le stazioni a due a due in cui sono state eseguite le osservazioni contemporaneamente, la stazione superiore trovasi segnata prima; nella seconda colonna sono notate le temperature corrispondenti alle due stazioni; nella terza l'eccesso della temperatura della stazione inferiore sulla stazione superiore; nella quarta la distanza verticale tra le due stazioni; nella quinta finalmente di quanto bisogna elevarsi nei diversi punti per soffrire la minorazione di un grado di temperatura, supponendo il decrescimento di temperatura proporzionale all'altezza.

325. Dalla tavola precedente si rileva evidentemente il decrescimento di temperatura; la quinta colonna dimostra che questo decrescimento ha luogo in un modo irregolarissimo; l' undecima osservazione fa vedere che 111 metri di elevazione hanno dato un grado di abbassamento di temperatura nel termometro, e dalla nona osservazione si rileva che 249 metri in altezza hanno dato lo stesso abbassamento di temperatura; e dippiù c'instruisce che per le stesse stazioni la temperatura cambia col vento, colle stagioni, e finanche colle diverse ore dello stesso giorno. Altre osservazioni ci fanno conoscere che in generale il decrescimento non è proporzionale all' altezza; e nelle altezze piccolissime, come di 8 o 10 metri, si osservano irregolarità singolari che dipendono dalla direzione del vento, dalla presenza del sole; e non è straordinario il vedere, tra questi limiti, crescere la temperatura coll' altezza; il che succede spesso nella notte fino al mattino, qualora l' aria è in calma ed il cielo è sereno, il che vien cagionato da irraggiamento; e per la stessa ragione talune vol-

te si osserva la temperatura presso a poco costante.

Il sig. Humboldt ha fatto in America un grandissimo numero di osservazioni nelle Andes di Quito, e verso l' estremità boreale della zona torrida nelle Cordigliere del Messico; e ne ha ricavate le conseguenze espresse nella tavola seguente

Altezza	Temp. media	Differenza
0	27.°5	
1000 metri	21.8	5.7
2000	18.4	3.4
3000	14.3	4.1
4000	7.0	7.3
5000	1.5	5.9

Cosicchè in queste regioni, su i fianchi di queste montagne prodigiose per la loro grossezza ed altezza, il decrescimento di temperatura non è uniforme, ed il più piccolo possibile è tra 100 e 3000 metri; perchè sotto l' equatore questo strato di atmosfera è la regione abituale delle nubi, e in queste i vapori più o meno condensati assorbono in maggior quantità il calorico solare, e sono meno raffreddati di quelli strati atmosferici che sono costituiti da un'aria più pura e più trasparente.

326. Nelle regioni polari alla latitudine di 69°21' il capitano Varry ha innalzato un cervo volante fino a 400 piedi di altezza, al quale era attaccato un termometro a *minimo*, e non osservò differenza sensibile di temperatura; in queste alte regioni, il termometro a minimo marcò 31° al di sotto di zero, e la stessa temperatura indicò quello stabilito su i ghiacci del mare.

Numerose e strane ipotesi sono state immaginate per spiegare lo stato termometrico dell'atmosfera e delle alte montagne; il che risulta da proprietà dell'aria riconosciute e contestate dall'esperienza, che sono le seguenti 1.° L'aria libera si riscalda lentamente e si raffredda prontamente; 2° l'aria calda s'innalza divenendo di peso specifico minore; 3° l'aria dilatandosi occupa un volume maggiore.

I gas sono attraversati facilmente dal calorico raggiante e particolarmente dai raggi calorifici del sole, attraversandoli più facilmente a proporzione che sono meno densi (vedi v. II° pag. 111 n. 96). Or allorchè il cielo è sereno l'aria atmosferica è attraversata quasi liberamente dal calorico solare e non soffre che una leggiera elevazione di temperatura; ma quando è carica di vapori vescicolari, o carica di nuvole il calorico solare viene assorbito in gran parte e questi strati dell'atmosfera dilatandosi si elevano; ma nell'elevarsi si raffreddano per due cagioni, la prima si è perchè dilatandosi nelle regioni elevate per la minorazione della pressione la maggior parte del calorico assorbito diviene latente, e la seconda perchè irraggiano calorico da per ogni dove, particolarmente nelle alte regioni dell'atmosfera, in cui, come abbiamo detto, l'aria è pura e trasparente; talmente che nel mezzo dell'atmosfera l'aria pura subisce piccolissimo riscaldamento dall'azione del calorico solare; qualora l'aria carica di vapori vescicolari ha la proprietà di riscaldarsi sensibilmente, e di raffreddarsi anche prontamente.

Posto ciò l'aria atmosferica è poco riscaldata per l'irraggiamento, lo è fortemente pel suo contatto colla

superficie del suolo, e sembra che il riscaldamento della massa totale dell' atmosfera debba avvenire allo stesso modo del riscaldamento di una massa liquida racchiusa in un vase, nel di cui fondo e pareti esteriori agisce la fiamma, come abbiamo detto parlando della conducibilità del calorico nei corpi liquidi e gassosi (vedi v. II° pag. 118 n.° 103). Ma fra l'aria e l'acqua vi è una differenza essenziale; ed è che l'acqua conserva una capacità costante pel calorico, mentre l'aria aumenta di capacità dilatandosi. Or se un piede cubico di aria, che alla superficie del suolo ha 20° di temperatura, s'innalza da questo punto per 100 piedi, e giunta ch'è a quest'altezza il suo volume si trova accresciuto, e la temperatura ridotta a 15°; non bisogna conchiudere da ciò che nel suo tragitto abbia abbandonato 5° di calorico agli strati di aria che ha incontrati; ma piuttosto che il suo accrescimento di volume ha reso latente una parte del suo calorico sensibile, in modo che la minorazione di temperatura deve attribuirsi per la maggior parte a questo, e in piccola parte a dispersione negli strati di aria che ha attraversati. Daltronde il piede cubico di aria ch'è disceso per occupare il posto abbandonato da quello che si è innalzato, venendo compresso maggiormente da un maggior numero di strati superiori, ha reso libero una parte del calorico latente, che si manifesta negli strati inferiori; talmente che dall' esame delle proprietà dell'aria e dalla costituzione dell' atmosfera possiamo conchiudere, che tutte le cause di accrescimento di temperatura sono persistenti negli strati inferiori. Posto ciò è facile analizzare i fenomeni che avvengono alle falde e nella sommità delle montagne.

All'altezza di 2000 o 3000 metri al di sopra del ivello del mare e dei piani continentali più bassi, nelle Alpi, nei Pirenei, o nelle Andes equatoriali, supponiamoli conformati come una coppa di grandissima estensione; a quest'altezza l'aria, essendo più rarefatta e pura che nei siti bassi, dà più libero passaggio ai raggi solari, e se altra cagione non vi si opponesse, la temperatura delle montagne a quest'altezza dovrebbe esser maggiore di quella al livello del mare; ma a questa cagione di riscaldamento se ne oppone una di raffreddamento, ed è che la limpidezza dell'aria se favorisce l'arrivo dei raggi solari, favorisce con maggiore efficacia la emissione dei raggi calorifici dal suolo, la quale ha luogo non solo di giorno, ma molto più di notte; in modo che, supponendo che i venti non agissero per niente su questo sito elevato, vi si avrebbe di giorno una temperatura forse più alta dei siti bassi, e nella notte una temperatura molto più bassa; ma l'influenza dei venti concorre molto più a questo abbassamento; or siccome abbiamo veduto che a 2000 o 3000 metri al di sopra del livello del mare l'aria è molto più fredda che sul suolo, quest'aria fredda urtando continuamente con questi punti elevati influisce potentemente al loro abbassamento di temperatura. Si può aggiungere che la massa delle montagne, l'estensione della superficie, la profondità delle vallate, la direzione del declivio, l'umidità del suolo, e molte altre circostanze ancora modificano continuamente l'azione del vento e l'irraggiamento della notte, e per conseguenza la temperatura media alla quale un dato luogo potrà abbassarsi.

327. *Temperature delle acque nelle sorgenti*=Le

sorgenti per la maggior parte hanno una temperatura che poco varia nelle diverse stagioni dell' anno ; nel nostro emisfero segnano la temperatura più alta verso il mese di settembre, e la più bassa verso il mese di marzo, e la differenza tra questi due tempi è di uno o due gradi. La comparazione della temperatura media di ciascuna sorgente colla temperatura media dell' aria alla superficie del suolo ha fatto conoscere che nella zona torrida la temperatura media dell' aria è in generale un poco più alta della temperatura delle sorgenti, ma nella zona temperata avviene il contrario, le sorgenti sono più calde dell' aria e l' eccesso diviene in generale crescente colla latitudine ; talmente che tra 60° e 70° di latitudine , giusta le osservazioni esattissime del signor Wahlemberg, esse sorpassano di 3 o 4 gradi centigradi la temperatura dell' aria. Nelle sorgenti non termali esse portano l' impronta della temperatura presso a poco dello strato terrestre da cui hanno origine; il che è confermato dalle osservazioni fatte su i pozzi artesiani; dappoichè le acque, che questi danno, hanno una temperatura quasi corrispondente a quella degli strati fin dove si è rinvenuta l'acqua; talmente che il signor Arago ebbe l' idea di servirsi di questo mezzo per trovare la temperatura della terra a diverse profondità, e inversamente giudicare della profondità di una sorgente o di un pozzo artesiano dalla temperatura delle sue acque. Per la temperatura delle sorgenti termali , che tante volte è prossima a quella dell' ebollizione, non è deciso ancora se dipende dalla grande profondità della loro origine , o da qualche circostanza particolare degli strati terrestri che l'acqua attraversa; nè vale l'opporre contro

quest'ultima opinione che molte di queste sorgenti hanno conservato la temperatura per lunga serie di anni, potendosi supporre che le circostanze locali non si sieno esaurite o sieno rimaste intatte per secoli; di fatti le sorgenti salate ci dimostrano non erronea questa supposizione, e se per talune di queste si può ammettere che hanno origine dal mare, ve ne sono di quelle che al certo non se li può assegnare questa origine, e pure hanno conservato, e conservano in dissoluzione gli stessi elementi e nelle stesse proporzioni da moltissimi anni. Queste considerazioni non sono dirette a dimostrare risoluta la quistione, che se le circostanze locali apportano una mineralizzazione quasi costante nelle acque minerali, bisogna assolutamente credere che circostanze locali sieno quelle che danno alle acque una temperatura permanente; ma che quest' argomento offre un bellissimo e vasto campo di ricerche. In diversi punti del globo, e particolarmente in prossimità dei vulcani in attività o semi estinti vi sono sorgenti termali, e un esempio ce l'offrono le sorgenti di Pozzuoli e d'Ischia; queste, come le eruzioni di acqua e di gas, meritano l'attenzione dei meteorologisti e dei geologi.

328. *Della temperatura dei laghi e delle riviere*= Nei laghi gli strati superiori dell'acqua vanno soggetti a cangiamenti di temperatura considerevolissimi. Nella stagione calda due cause concorrono ad innalzare la temperatnra degli strati superiori dell'acqua; cioè l'aria calda che vi agisce col suo contatto, ed il calorico solare che penetra fino ad una profondità più o meno grande; questi strati si mantengono superiormente, non ostante le agitazioni prodotte dai venti, per effetto della mino-

razione del loro peso specifico; perciò in està e fino alla fine di autunno la temperatura in essi deve essere costantemente decrescente colla profondità, il che si accorda colle sperienze del signor de Saussure, e quelle fatte posteriormente con molta accuratezza dal signor Labêche (Ann. di fisica e chim. tom. XIX. pag. 77). Nella stagione fredda gli strati superiori si raffreddano benanche per due cause; cioè pel contatto dell'aria fredda, e per irraggiamento particolarmente nella notte; questi strati raffreddandosi si contraggono ed acquistano una densità maggiore e cadono nel fondo, e sono rimpiazzati da strati più caldi che sono di peso specifico minore; continuandosi questo esercizio finchè tutta la massa dell'acqua venga ridotta alla temperatura di + 4°.108 in cui l'acqua trovasi alla massima densità; allora l'ulteriore raffreddamento negli strati superiori non può farli discendere, divenendo di peso specifico minore, in modo che ben presto col progressivo raffreddamento giungono a congelarsi. Perciò la congelazione principia sempre alla superficie e penetra con lentezza a profondità poco considerevole (vedi Vol. II. pag. 365 n.° 263).

Con gli stessi principii si può dar ragione che nelle acque tranquille e profonde vi bisognano freddi intensi e di lunga durata per determinarvi la congelazione, dovendosi pria di tutto la massa ridurre alla temperatura della massima densità dell'acqua, e di poi discendere dippiù per giungere alla congelazione; e soltanto verso i bordi o su i banchi di grande estensione in cui vi è poca profondità si produce il ghiaccio, qualora nel mezzo essendovi molta profondità la temperatura si mantiene al di sopra della congelazione. Parimente nei fiumi

e nelle acque di corso per effettuarsi la congelazione in tutta la lora estensione vi bisogna un freddo intenso e di lunga durata; sebbene questo fenomeno varia in corrispondenza dell'altezza, della velocità, e profondità delle acque. La storia ci rapporta taluni fatti a questo riguardo che non si sono riprodotti a tempi nostri, ma non perciò devono considerarsi impossibili : tale è per esempio che il Mar Nero gelò interamente negli anni 400 e 763, che il Nilo gelò ugulmente in tutta la sua larghezza nell'anno 829. Di fatti i freddi straordinarii avvenuti dal 17° secolo in qua c' indicano fatti che si approssimano a quelli riportati dalla storia remota; tali sono che nel 1721 le acque delle lagune di Venezia gelarono essendovi l'armata veneziana, la temperatura essendo di—20°; negli anni 1638 e 1709 il porto di Marsiglia gelò essendo il termometro a—20°; il Tamigi a Londra gelò totalmente negli anni 1684, 1716, e 1740; e la Senna gela spesso a Parigi, come avvenne ben otto volte dal 1740 al 1788 ad una temperatura almeno di 9 a 10 gradi sotto zero.

Subito che un fiume si covre di ghiaccio, lo strato che lo covre aumenta prontamente di spessezza nei primi istanti; ma di poi l'accrescimento va minorando progressivamente per l'imperfetta conducibilità del calorico attraverso del ghiaccio. L'irraggiamento di notte pare che abbia molta influenza in questo fenomeno; osservandosi il più delle volte strati marcatissimi formati successivamente gli uni al di sopra degli altri: di fatti, nel 1821, nel ghiaccio della spessezza di 15 pollici, formatosi sul lago nelle vicinanze di New-Heaven in America, si contarono fino a 21 di questi strati ben distinti;

gli strati superiori erano della spessezza di 12 a 18 linee, e verso la superficie dell'acqua essi non oltrepassavano 6 linee; non ostante che il freddo progredì sempre con intensità crescente. Il ghiaccio dilatandosi e restringendosi per le alterazioni di temperatura, al pari degli altri corpi, perciò ne avvengono una quantità di fenditure con grande strepito, e talune volte i colpi sono così forti come quelli di un cannone; e qualora succede un improvviso scioglimento del ghiaccio senza che siasi rotto prima in qualche punto, esso può produrre, come spesso è avvenuto, disastri terribili. Tra tutt'i mezzi imaginati per prevenire questi disasti il più efficace è stato quello d'immettere da parte in parte nel ghiaccio la polvere da sparo ben compressa in tubi di cartone o di lamerino, ovvero piccole bombe, e farle accendere; l'esplosione vi produce una quantità di fenditure riducendolo, il più delle volte, in frammenti.

329. *Della temperatura dei mari e della formazione dei ghiacci polari.* = Numerose osservazioni sulle temperature e su i fenomeni che ne dipendono sono state fatte in questi ultimi anni da abilissimi navigatori nei mari equatoriali e polari, le quali sono preziosissime per la scienza; del che noi ci limiteremo a presentarne soltanto le conseguenze generali alle quali conducono.

1°. Nel mare a grandi distanze dalle coste la temperatura dell'aria va soggetta nel corso della giornata a minori variazioni che su i continenti: di fatti su i mari equatoriali la differenza tra il maximum ed il minimum del giorno è tutto al più di uno o due gradi, mentre che sul continente giunge a 5° o 6°.

2°. Nelle regioni temperate fra 25° e 50° di latitudine la differenza fra il maximum e il minimum del giorno difficilmente è più di 2° o 3°; qualora sul continente arriva talune volte fino 12° o 15°. La temperatura minimum corrisponde a quella del suolo prima del sorgere del sole; e taluni osservatori pensano che il maximum di temperatura si trova prossimo a mezzogiorno in vece di due o tre ore dopo.

Allorchè si paragona la temperatura dell' aria a quella della superficie del mare si hanno i risultati seguenti. Fra i tropici l' aria nelle sue più alte temperature è in generale un poco più calda di quella della superficie delle acque presa nelle sue più alte temperature. Ma qualora si prende la temperatura dell' aria e dell' acqua da quattro in quattro ore, come ha fatto il capitano, Duperrey, e in seguito si paragonano tutte queste temperature tale quale si hanno, si ottiene un risultato inverso; vale a dire che in generale l' acqua è più calda dell' aria anche fra i tropici: di fatti sopra 1850 osservazioni fatte da questo abile navigatore tra 0° e 20° di latitudine nord e sud, nel suo viaggio intorno al mondo, il mare è stato 1371 volte più caldo dell' aria, e l' aria solamente 479 volte più calda del mare. Nelle latitudini più alte fra 25° e 50°, l' aria non è che rarissime volte più calda della superficie dell' acqua; e nelle regioni polari è quasi senza esempio che l' aria si trovi alla stessa temperatura del mare, essendo d' ordinario molto più fredda.

Esaminando le temperature assolute del mare alla superficie e a diverse profondità siamo condotti alle seguenti conseguenze 1°. Fra i tropici la temperatura di-

minuisce progressivamente colla profondità; il che è assicurato da tutte le sperienze, delle quali citeremo le seguenti che lo fanno vedere con maggior evidenza: cioè quella fatta da Sabine avendo osservato alla superficie la temperatura di 28°. 33, ed alla profondità di 1000 braccia la temperatura di 7°. 5; da Ross che alla superficie trovò la temperatura di 30°. 77, e alla profondità di 1000 braccia quella di 9°. 7; da Wauchope che alla superficie osservò la temperatura di 22°. 8 e alla profondità di 1000 braccia quella di 5°. 6. 2°. Nei mari polari la temperatura cresce colla profondità. 3.° Nei mari compresi fra le latitudini di 30° e 70° la temperatura è tanto meno decrescente a proporzione che si va a latitudine più elevata, e in prossimità della latitudine di 70° comincia la temperatura a divenir crescente colla profondità. Per conseguenza deve esservi una zona nella quale la temperatura resta uniforme dalla superficie fino a grandissime profondità.

330. Ammesse le osservazioni precedenti bisogna ricercare le cause che possono dar luogo a questa singolare distribuzione del calorico nella massa mobile delle acque che occupano il vasto bacino dei mari. Pel diverso modo di propagazione del calorico attraverso dei solidi e de' liquidi; (ved. V. II.° pag. 118 e seg.), e pel diverso grado di volatilità; si capisce perchè la superficie delle acque non può esser paragonata alla superficie del suolo, nè pel suo riscaldamento durante il giorno, nè pel suo raffreddamento nella notte; di fatti nel corso del giorno gli strati superficiali delle acque si riscaldano meno perchè una parte del calorico è impiegata all'evaporazione, e se ne disperde anche per l'agitazione delle

acque; nella notte essi si raffreddano meno, perchè la loro densità accrescendosi pel raffreddamento li fa cadere in basso; di modo che il riscaldamento ed il raffreddamento sono meno sensibili che nel suolo; oltre a ciò il contatto continuato dell'aria influisce benanche a questa uniformità di temperatura della superficie delle acque. Ma la temperatura degli strati profondi del mare offre grandi difficoltà; sotto l'equatore a 1000 braccia di profondità la temperatura è di soli 6° o 7°, e non è possibile che l'acqua di questi strati abbia potuto acquistare un tale raffreddamanto in questi climi in cui la temperatura alla superficie dell'acqua non si trova mai minore di 20° o 25°; verso i poli a 700 braccia di profondità la temperatura si eleva a 2° o 3° qualora alla superficie, nella stagione calda, la temperatura non giunge al di sopra di zero; e pare che questi fatti non sieno spiegabili senza ammettere col signor Humboldt l'esistenza di una *corrente sotto-marina* la cui direzione è dai poli all'equatore.

Una delle conseguenze necessarie dell'abbassamento di temperatura alla superficie delle acque è la formazione dei ghiacci eterni che covrono le regioni polari, e che il più delle volte formano piani estesissimi di tre o quattrocento leghe quadrate; talune volte questi presentano una superficie perfettamente piana, altre volte eminenze o colonne di 20 30 piedi di altezza dandole un'apparenza pittoresca. I movimenti delle correnti, dei venti, e quelli delle onde, o altre cause potenti riducono un campo di ghiaccio, in un istante, in pezzi di 100 o 200 metri quadrati; i quali si urtano il più delle volte con tanta forza da produrre uno strepito spaven-

tevole, e guai a quel bastimento che incontrano, del che, disgraziatamente, vi sono esempii funestissimi; a tale sventura vanno soggetti più spesso quei che si danno alla pesca delle balene; preferendo questi cetacei la loro dimora nei mari posti tra i paralleli di 70° e 80° di latitudine.

Il freddo dei mari polari è intimamente legato all'estensione ed alla profondità delle acque; nei mari liberi profondi senza isole ed alti fondi, in cui la comunicazione con i mari equatoriali è libera, le correnti inferiori e superiori tendono a stabilire l'equilibrio di temperatura con maggior efficacia; ma in quei ove vi sono i continenti o alti fondi il raffreddamento prodotto dall'irraggiamento durante la lunga assenza del sole deve essere molto intenso.

331. *Dell'equilibrio di temperatura della terra*. Dopo aver esposti i principali risultati dell'esperienza sulla temperatura del globo terrestre e dell'atmosfera che l'inviluppa, ci resta a dire qualche cosa sulle principali cause che concorrono a mantenere in tutta l'estensione della terra la distribuzione del calorico, e l'ordine di temperatura che vi si osserva; di questa grande quistione bisogna rinvenirne la soluzione nelle memorie, e nelle opere del signor Fourier; dappoichè tutto ciò che possiamo dire si riduce ad un esame generale delle cause che modificano la temperatura nei diversi climi, seguendo i periodi dei giorni e delle stagioni.

Discutendo tutt'i fatti conosciuti, ed assoggettandoli al calcolo il signor Fourier è stato condotto a queste conseguenze.

1°. Tutto il calorico che è al di sotto dello strato in-

variabile è un calorico primitivo che la terra conserva dalla sua origine.

2.° Questo calorico è costante ed è grandissimo nel nocciuolo centrale; e ad una certa distanza dal centro esso va progressivamente diminuendo fino allo strato invariabile.

3.° Questo stato interno di temperatura cambia col tempo, e cangerà continuamente fino a che tutto il calorico primitivo sarà compiutamente dissipato per la superficie, il che si effettuisce con tanta lentezza che bisognano molti secoli per divenir sensibile alle osservazioni; talmente che a 200 o 300 metri al di sotto del termometro stabilito nelle cave dell'osservatorio di Parigi la temperatura trovasi ora di 20° o 22°; essa diverrebbe successivamente a 19° o 18° e finalmente a 10° o 11°; ma bisogna un tempo lunghissimo perchè questa diminuzione giunga a tanto da essere marcabile.

4.° Il calorico che viene dagli strati centrali della terra per disperdersi alla superficie, non può modificare di una quantità sensibile nè la temperatura media della superficie terrestre, nè l'ordine delle temperature che si stabiliscono in corrispondenza delle stagioni, in tutti gli strati della terra al di sopra dello strato invariabile; in modo che il signor Fourier opina che la temperatura superficiale non ne può venire alterata di una trentesima parte di grado centigrado.

5.° Finalmente i climi e l'ordine delle stagioni dipendono unicamente dal calorico che si distribuisce negli strati superiori allo strato invariabile; il quale calorico proviene unicamente dall'azion del sole, esso è accumulato in un dato periodo dell'anno, dissipato in

un altro, in modo che vi si stabilisce in fine una esatta compensazione. Questi principii generali sono sufficienti per comprendere la vera influenza dell' irraggiamento che dobbiamo esaminare.

332. Immaginiamo per un istante che la terra, sospesa negli spazii celesti, non venisse riscaldata nè dai raggi solari, nè da alcun altro raggio calorifico, ed esaminiamo i fenomeni che ne avverrebbero. Tutte le molecole dell' aria atmosferica dotate di potere emissivo, al pari delle altre molecole materiali, irraggerebbero il loro calorico in tutt'i sensi e si raffredderebbero progressivamente, perchè le loro perdite non verrebbero compensate; queste divenendo più dense caderebbero verso la terra, e dopo un certo tempo più o meno lungo tutti gli strati dell' atmosfera giungerebbero ad un grado di raffreddamento di cui non abbiamo idea. Un fenomeno simile avverrebbe sulla terra; gli strati della superficie irraggerebbero calorico a traveso dell'atmosfera, questi raffreddati per perdite non compensate riceverebbero il calorico dagli strati sottoposti, che si disperderebbe allo stesso modo; talmente che, dopo un certo tempo, tutto il calorico terrestre sì centrale che superficiale si troverebbe dissipato nello spazio; e questa dissipazione avverrebbe con maggiore o minor sollecitudine nei diversi paesi, secondo che la superficie del suolo sarebbe più o meno raggiante, e la conducibilità degli strati inferiori più perfetta.

Ristabilendo le cose tal quale si trovano, e sopprimendo per un altro momento l' azione dei raggi solari che arrivano alla terra, tutto ci fa credere che gli astri innumerevoli che occupano le diverse regioni del cielo,

sì abbaglianti di luce, non sieno sprovveduti di calorico, i quali sostengono una certa temperatura negli spazii celesti. La terra sospesa in questi spazii cesserebbe di raffreddarsi allorchè si sarebbe stabilita alla temperatura dell'ambiente; in modo che, facendo astrazione del calorico solare, il globo terrestre si manterrebbe ad un certo grado di calore che avrebbe senza dubbio una grande influenza sulla temperatura dei diversi climi e particolarmente sulla temperatura dei poli. Queste considerazioni ci permettono di valutare più facilmente l'azione calorifica del sole sulla terra, stante che quest'azione non impedisce che i fenomeni poc'anzi descritti si riproducono in ciascun istante; soltanto il raffreddamento continuato della terra, pel suo irraggiamento viene compensato dall'azione dei raggi solari.

333. Esaminiamo ora ciò che avviene sulla terra in un paese qualunque dal tramontare fino al sorgere del sole; mancando la causa del riscaldamento tutta la superficie del suolo è abbandonata ad un raffreddamento spontaneo, come abbiamo detto. Qualora l'aria è in calma ed è perfettamente limpida la notte è fredda, perchè l'aria e la terra perdono per irraggiamento una certa quantità di calorico senza esserne compensate; qualora poi l'aria è nuvolosa, il suolo irraggia calorico, ma questo viene assorbito dall'aria, non potendo attraversare l'atmosfera per disperdersi negli spazii celesti, stabilendosi uno scambio continuato di calorico tra il suolo e gli strati inferiori dell'atmosfera, e la terra si sosterrà ad una temperatura che minorerà con molta lentezza fino al sorgere del sole. Se poi l'aria è agitata il fenomeno è modificato; dappoichè rinnovandosi l'aria

intorno al suolo li apporta una diversa temperatura in corrispondenza della diversa temperatura dell'aria e dell'agitazione maggiore o minore. Questi principii nell'irraggiamento notturno conducono alle due conseguenze seguenti. 1.° In tempo di calma dell'atmosfera essendo il cielo sereno, la temperatura alla superficie del suolo può nei siti scoverti abbassarsi di molti gradi al disotto della temperatura degli strati inferiori dell'aria. 2.° L'abbassamento di temperatura alla superficie dei corpi è in corrispondenza del loro potere emissivo e della loro imperfetta conducibilità. Queste due conseguenze sono state riconosciute dal Dottor Wels, avendo verificato con esperienze, che i corpi di molto potere raggiante possono abbassarsi nel corso della notte ad una temperatura di 8.° o 10° al di sotto della temperatura dell'aria; e queste osservazioni lo hanno condotto alla spiegazione della produzione delle gelate, della rugiada, e di altri fenomeni meteorologici (vedi V. II° pag. 454 n.° 311.)

Nel corso del giorno l'irraggiamento continua come nella notte, ma gli effetti sono modificati da una causa potente; consideriamo per esempio i fenomeni nei mesi più freddi dell'anno nel nostro clima dal sorgere del sole in poi; se il cielo è sereno l'aria e tutt'i corpi principiano a ricevere una compensazione alle loro perdite, la quale è progressivamente crescente in tutto il tempo che il sole si eleva sull'orrizzonte, giunge al suo maximum un poco dopo mezzogiorno, e di poi diviene decrescente fino alla sera in cui è nullo. Pel periodo che noi abbiamo indicato la quantità di calorico ricevuta dalla presenza del sole sarà un poco maggiore della quantità di calori-

co perduto nel tempo della sua presenza, e della sua assenza; questa eccedenza di calorico acquistato dal corso del giorno sul calorico perduto nel giorno e nella notte va progressivamente aumentando fino ai mesi più caldi; al di là di questo tempo il sole irraggia sulla terra una quantità di calorico maggiore che nei mesi freddi; ma trovandosi la terra ad una temperatura più elevata irraggia maggior quantità di calorico, stante che l'emissione del calorico da un corpo è nel rapporto della sua temperatura (vedi Vol. II.° pag. 113 n.° 98.) e perciò si va raffreddando progressivamente fino alla stagione fredda susseguente. Nella considerazione di questa cagione primitiva che determina l'andamento delle stagioni non abbiamo considerato le cause accidentali, che possono modificare da un momento all'altro i risultati; tali sono i venti, la rugiada, le nuvole, la pioggia, e una infinità di altre cagioni che possono aumentare o diminuire le perdite di calorico che avverrebbero in un luogo dato se l'aria fosse stata in perfetta calma ed il cielo senza nuvole; e al concorso di queste cause accidentali debbonsi quei cangiamenti subitanei di temperatura che avvengono talune volte nella stessa giornata, e che producono alcune giornate molto dolci nell'inverno, e alcuni giorni freschi nell'està. Ma le irregolarità che si osservano nei diversi climi dipendono positivamente da una specie di compensazione; cosicchè se un vento riscalda un luogo ne raffredda un altro, rimanendo la quantità di calorico la stessa ma diversamente ripartita. L'esperienza di secoli ci fa conoscere che l'equilibrio di temperatura è stabile, e che la terra perde esattamente in ciascun anno tutta la quantita di calorico che rice-

ve dal sole; dappoiche se ne perdesse di meno tutt'i climi diverrebbero da anno in anno più caldi , e qualora ne perdesse dippiù , diverebbero ciascun anno più freddi, il che non sarebbe conforme ai fatti.

334. *Presagi Meteorologici*=Il predire le variazioni atmosferiche è fra le cose più utili alla prosperità dell' agricoltura e di tutte le intraprese commerciali ; ma con facilità s'intende, che è assolutamente impossibile il fare queste predizioni molto tempo prima , potendo essere molte, e diversamente combinate le cagioni che le producono. Ciascun fenomeno meteorico viene prodotto da cagioni conosciute , almeno in tutti quei casi in cui l' elettricità vi ha poca influenza ; or quando le cagioni produttrici si oppongono , siamo incerti del risultato ; ma quando cospirano, il loro effetto è indubitato, tranne il caso di non prevedute mutazioni. Di fatti per predire che fra non molto pioverà, bisogna verificare tutte le condizioni necessarie che determinano questa meteora ; un vento che domina ad una data altezza venendo contrastato da altro vento ad un' altezza diversa sono forti motivi da sospettare la pioggia, specialmente se vi concorrono altre circostanze , come la minorazione della pressione atmosferica , l' abbassamento di temperatura ec. Se ad un vento umido sopraggiunge un vento freddo , forse non ne avverrà che una nebbia , la quale intercettando i raggi del sole impedisce che l' aria si riscalda; ma l' azione dei raggi solari agendo sulle vescichette acquee che costituiscono la nebbia le riduce in vapori , osservandosi dopo poco il cielo rischiarato. Sovente nelle notti di autunno i vapori si condensano per minorazione di temperatura, che verso il mattino trovansi o

sospesi allo stato di nebbia, o depositati in forma di rugiada; ma ben presto all' apparire del nuovo giorno il calore dei raggi solari le dissipa saturandone di bel nuovo l' aria, osservandosi spesse volte ad un mattino nebbioso, o nuvoloso succedere una bellissima giornata; effetti questi che possono essere preveduti.

È fuor di dubbio che l' attrazione esercitata dalla luna sulle acque del mare è la cagione possentissima dei movimenti periodici di queste acque sulle spiagge, innalzandole ed abbassandole costantemente due volte in ogni ventiquattro ore, dando luogo alla così detta dai marini *alta marea e bassa marea*; si credè, e da taluni si ammette ancora, che quest' astro esercitasse una simile azione sull' atmosfera; e siccome le maree sono più forti nei novilunii, e plenilunii, e molto più quando la luna è più prossima alla terra, perciò si giunse a conchiudere che nelle *sizzigie*, ed allorchè la luna è *perigea* dovessero avvenire le maggiori variazioni atmosferiche. Questo pensiere quantunque è sostenuto da proverbii popolari, che non debbono disprezzarsi quando sono il risultato di un numero significante di fatti osservati, pur tuttavolta in questo l' esperienza e la teorica si accordano, nel provare che queste influenze non hanno verun effetto. Dappoichè paragonando le epoche astronomiche con quelle in cui si osservano mutazioni atmosferiche, non vi si trova alcuna relazione, in modo che questi proverbii sono in contraddizione coll'esperienza, e perciò sforniti del solo merito che potrebbero avere; onde è da pensarsi che i nostri maggiori nella impossibilità in cui si trovavano di presagire i fenomeni atmosferici crederono, senza andare in minute discussioni,

che vi avesse influenza la luna ; come pure le attribuirono mille altre proprietà occulte, come quella d'influire ai concepimenti ed ai parti, di apportare certe infermità periodiche alle donne ec. Dippiù il calcolo più esatto dimostra che le azioni di quest'astro sono presso a poco nulle per produrre alcuna attrazione atmosferica, come pienamente ha fatto conoscere il signor La Place nella sua meccanica celeste , perchè l'aria è un fluido troppo raro per obbedire come il mare all'attrazione lunare. A torto dunque si ritiene tuttavia dalla generalità che il ritorno della luna nuova e della luna piena possono apportare cangiamenti atmosferici, e se qualche volta accade è per effetto di coincidenze delle fasi lunari con le vere cagioni che le determinano.

Le mutazioni atmosferiche sono d'ordinario prodotte dai cambiamenti di temperatura , dalle mutazioni dei venti dominanti, dalla direzione che essi seguono, dalla diversa natura del suolo, e dalla quantità di vapori contenuta nell'aria ec. ; perciò i migliori mezzi onde presagire i cambiamenti atmosferici sono gli strumenti atti a farci conoscere queste alterazioni atmosferiche; tali sono una *banderuola* che ci dà conoscenza della direzione del vento , un barometro, un termometro, ed un ingrometro , o un termoigrometro , che ci fanno conoscere le variazioni che avvengono nella pressione, nella temperatura, e nello stato di umidità dell'aria ; un esame attento degli avvenimenti atmosferici indicati da tali strumenti fa sì che si possa decidere con molta probabilità dei cambiamenti che devono avvenire. Pur non per tanto non bisogna tenere come sicuro il presagio , ancorchè stabilito su questi dati; dappoichè i cambia-

menti possono essere istantanei, e possono influirvi cagioni non prevedute, nè si possono fare predizioni ad epoche molto lontane; come d'ordinario si leggono in taluni almanacchi insieme ad altre sciocchezie, con cui il mercenario autore trova utile di allettare la credulità popolare.

APPENDICE

Sugli effetti meccanici dell' elettro magnetismo.

Ciascuna branca della fisica ebbe le sue fasi di gloria, il suo tempo di riposo, il suo riaccendimento, dal che si ebbero ampliazioni nei suoi limiti. Da circa un mezzo secolo l' elettricismo è sulla via del progresso, e fanno a gara i fisici di tutto il mondo per ampliarne l' impero; il quale non può mancare di produrre i più felici successi.

Le scoverte del celebre Volta, e le teoriche del suo apparecchio non solamente hanno servito di fondamento ad importanti teoriche fisico chimiche, ma hanno ricevuto applicazioni importantissime; del che ciascuno può convincersene percorrendo la storia dei fatti elettro dinamici ed elettro-chimici; talmente che può dirsi con molta ragione, che tutt' i vantaggi ottenuti, e quelli che si otterranno con lo stesso mezzo portano l' impronta di un genio italiano, che sarà sempre memorando nei fasti delle scienze fisiche.

Non vi è agente, se pure converrà eccettuarne il calorico, che si è mostrato di tanto potere meccanico e chimico quanto l'elettricismo, di cui possiamo avere sorgenti continuate ne svariati apparecchi voltaici. Talune sperienze, fondate sulla velocità del fluido elettrico, fanno credere che la quantità di elettricismo unita alle molecole dei corpi è così immensa da sbalordire la nostra immaginazione. Gli elementi di una semplice molecola di acqua rinchiudono, secondo i calcoli di un ce-

lebre fisico, ottocentomila scariche di una batteria elettrica formata da otto bottiglie, ciascuna delle quali di due decimetri di altezza e sei di circonferenza; e questa batteria caricata mediante trenta giri di una possente macchina elettrica; in modo che se l' elettricismo che trovasi accumulato tra gli elementi di poche gocce di acqua divenisse libero, in un istante ne avverrebbe la più spaventevole detonazione atta a diroccare qualunque edificio. Le occupazioni dei fisici tendono a sprigionare questa forza dai corpi, per adattarla agli usi delle scienze e delle arti. Le applicazioni di questo agente nell' industria hanno fatto non piccoli progressi, e non pochi altri se ne sperano; in modo che ci crediamo nel dovere farne conoscere i principali.

La prima idea dell' impiego di questo agente come forza motrice devesi al Professore italiano Dal Negro. Il Professore Magrini fin dal 1835 pubblicò negli annali delle scienze del Regno Lombardo-Veneto la descrizione del suo motore elettro-magnetico, che per semplicità e congegno meccanico non lascia niente a desiderare.

Il Barone Seguier presentò all' Istituto di Francia nella tornata del di 8. Giugno 1840, una macchina inventata dal signor Patterson di Nuova-Yorck; che consiste in un motore prodotto dall' azione di una corrente galvanica sulle calamite. Esso è una ruota di legno armata di ferro dolce, costruita con tale artificio, che mercè la corrente voltaica fa girare un tornio o cosa simile. La corrente è prodotta da una pila formata di lamine di zinco amalgamate, e da fogli di *plaquè*, di argento, o di latta ricoperta di platino per precipitazione;

questi elementi della pila sono immersi in acqua acidulata, fatta con nove parti di acqua e una di acido solforico. La ruota ha un movimento regolare facendo 200 giri al minuto, e può esser messa in azione e farla cessare di agire in ogni istante; somministrando l' apparecchio una forza corrispondente a quella di un uomo, con la spesa di meno di un franco al giorno. Il principio fisico su cui è stabilita la sua azione è tratto dalla proprietà che possiede il ferro dolce assoggettato all' influenza di una corrente voltaica, che attraversa un filo metallico ricoverto di seta, che l'è addossato formando moltissimi giri, ch'è quello di ricevere e perdere in brevissimo tempo il potere magnetico (ved. Vol. II.° pag. 269 n.° 212). Già una macchina elettro-magnetica di tal fatta è adoperata in America per dar moto ad un torchio meccanico destinato alla stampa di un giornale settimanile.

Una locomotiva elettro-magnetica è stata inventata dal signor Taylor; essa è munita di quattro aghi magnetici, e sulla sua ruota, di due piedi di diametro, vi sono sette armature o pezzi di ferro; ccsichè è mossa dalla forza attrattiva dell'azione magnetica. La ruota fa 150 giri al minuto, e mediante una gocciolina di mercurio applicata alla sua chiave se ne aumenta la celerità del 50 per 100; il cilindro ch'è messo in moto dalla ruota ha una velocità sorpendente.

Due sistemi di calamite temporanee posti di rincontro l'uno all'altro, di cui sono continuamente alternati i poli, formano il principale meccanismo, che mette in movimento il tanto celebrato battello del Iacobi; e che esaminatone i vantaggi da Paterson di Nuova York,

e dallo scozzese Davidson ne hanno formati dei modelli di loro idea, che sono stati introdotti come motori in diverse manifatture.

Il Chiarissimo nostro Ten. colonnello Cav. Francesco D' Agostino Direttore delle Reali fonderie, che ad una attività instancabile e ad un corredo di estesissime conoscenze di cui va adorno, riunisce una spontaneità ed una premura a ben fare; nel suo viaggio nella Francia e nel Belgio per ordine del nostro munificentissimo Sovrano nell' està di quest' anno, qual Presidente di una commissione di ufficiali di artiglieria, fra le altre cose ci ha manifestato che il signor Fromat meccanico di Parigi è qualche tempo che adopera come motore, per mettere in attività tutto il meccanismo del suo stabilimento, una macchina elettro-magnetica, che somministra una forza corrispondente a quella di molti uomini.

Un modello di quest'apparecchio è stato da lui acquistato per arricchire il gabinetto scientifico della Real Fonderia de'cannoni, potendosi colà esaminare da chi si sia; esso è formato da due rocchetti moltiplicatori situati verticalmente in un telajo metallico, nel mezzo del quale vi è situato anche verticalmente un asse di ottone in modo da poter girare liberamente, avendo questo nelle sue basi fissato un numero di spranche di ferro dolce, disposte orizzontalmente; in modo che girando l' asse le spranghe di ferro dolce passano in molta prossimità delle basi degli assi di ferro dolce dei rocchetti moltiplicatori, i quali sono magnetizzati temporaneamente dalle correnti prodotte da due elementi alla Bunsen. Nella base inferiore dell' asse vi è adattata una piccola ruota dentata, su i di cui denti una molla

metallica vi comunica alternativamente la corrente elettrica, secondocchè le spranche di ferro dolcc fissate alle basi dell'asse si trovano nella posizione di essere attirate o respinte dalle calamite temporanee dei moltiplicatori; di modocchè nell' asse vi si imprime un movimento di rotazione continuo, che mediante opportuno meccanismo si cambia in movimento rettilineo alternativo orizzontale, e di poi in movimento rettilineo alternativo verticale, ch'è impiegato a mettere in attività due piccole pompe aspiranti in cristallo.

Nello stesso stabilimento può osservarsi un telegrafo elettro-magnetico costruito dal sig. D. Filippo de Palma, secondo il sistema Wheatstone, ed eccone la descrizione. Su di una tavoletta orizzontale di legno sostenuta da quattro piedi sono situati dne cilindri di ferro dolce, su i quali è avvolto un filo di rame ricoverto di seta, facendo questo prima in un cilindro e poi nell' altro un ugual numero di giti; talmentecchè essendo il filo di rame attraversato da una corrente i due cilindri vengono magnetizzati temporaneamente. Nella parte anteriore dei due cilindri vi è una lamina di ferro dolce, ch'è detta *ancora*, la quale è mantenuta a poca distanza dalla calamita temporanea; nel mezzo dell' ancora elevasi un'asta verticale, che con l'estremità biforcata abbraccia una piccola ruota dentata situata dietro di un indice verticale di ottone; il congegno è regolato in modo che la ruota scappa di un dente per volta in ogni attacco o distacco dell' ancora dalle calamite. Il movimento della ruota dentata va trasmesso ad un piccolo quadrante di ottone sulla di cui circonferenza sono segnate le lettere dell' alfabeto, posto dietro un

disco verticale; nel movimento di rotazione della ruota dentata si presentano le lettere successivamente innanzi ad un foro praticato nel centro del disco verticale.

Un altro quadrante metallico è stabilito orizzontalmente sulla tavoletta, nella circonferenza del quale sono segnate oltre le lettere dell'alfabeto i segni + più, e — meno; nel centro del quale v'è un indice che con la mano si fissa a volontà sulle diverse lettere; a seconda del movimento di quest'indice ne avvengono attacchi e distacchi dell'ancora dalle calamite, e le stesse lettere marcate dall'indice si trovano riportate nel foro posto nel centro del disco verticale. Nel passare da una lettera ad un'altra non di seguito bisognerà percorrere le intermedie, e si distingueranno quelle che debbono esser marcate dalle inutili dal tempo dell'apparizione. Al di sopra della tavoletta orizzontale vi sono fissate tre colonnette di ottone bucate trasversalmente, ne quali buchi s'immettono le estremità de'fili addetti a condurre le correnti, e vi sono fissati mediante viti di pressione. A ciascuna stazione va stabilito uno di questi apparecchi, che comunica con gli apparecchi delle stazioni contigue mediante gli anzidetti fili conduttori della corrente, disposti in modo da formare con i fili che partono dalla pila un circuito chiuso, nel quale circuito trovasi stabilito ciascun apparecchio, talmentechè la corrente deve attraversarlo. I fili conduttori d'ordinario rivestiti di seta si sospendono ad una certa altezza mediante sostegni isolati stabiliti lungo la linea che devono percorrere; ovvero si fanno immergere nel terreno o nell'acqua se mai v'è, avendoli prima situati nell'asse di una corda di

canapa bene incatramata, per impedire la dispersione della corrente.

Sul lato destro della tavoletta v'è una linguetta di rame disposta in modo da potersi aprire e fermare a volontà, secondocchè si vuole sospendere o attivare la corrente; essa comunica direttamente con una ruota dentata situata al di sotto del quadrante orizzontale, mercè una molla di rame che preme continuamente contro i denti della stessa. A misura che con la mano si muove l'indice, l'anzidetta ruòta gira, e la molla è obbligata di passare da un dente all'altro.

Finalmente ciascuno di questi apparecchi è fornito di un campanello, ch'è poggiato con l'orlo sul braccio di una leva, qualora l'apparecchio è nella inazione; subitochè si mette in attività, il braccio della leva si abbassa, e nello scappare il campanello suona, e così resta avvertito il corrispondente di stare in attenzione.

Nell'incominciare il discorso si apre la linquetta di rame per mettere in comunicazione la corrente, e si porta l'indice del quadrante orizzontale sul segno + ; si carica la soneria, si chiude la corrente, e si passa sul segno — dal corrispondente che vuole parlare. La soneria della parte opposta suona, e nel foro del disco verticale di quest'ultimo si osserva il segno—; allora il discorso principierà a farsi dalla parte opposta, facendo caminar l'indice sul qnadrante, e fermarlo di tanto sulle diverse lettere, che compongono ciascuna parola, da poter essere avvertite dall'incaricato della stazione che ascolta; questo le leggerà nel suo apparecchio, e le trascriverà con lo stesso ordine su di un foglio di carta; nella fine di ciascuna parola l'incaricato della stazione

che parla fermerà un poco l'indice sul segno +, e di poi continuerà, e finito che ha il discorso passerà l'indice sul segno —. Lo stesso si pratica nel rispondere.

Si può anche parlare in cifre in una corrispondenza segreta; ed allora al di sotto di ciascuna lettera si nella ruota verticale, che nella orizzontale vi è un numero. Col primo segno si tien conto della sola lettera, e col secondo il solo numero; nelle stazioni di corrispondenza segreta vi è un quadro come una tavola pittagorica; in esso nella linea orizzontale superiore vi sono poste l'una dopo l'altra le lettere, e nella colonna verticale vi sono i numeri; nella casetta corrispondente alla lettera ed al numero vi è un periodo che comprende una notizia, o parte di un discorso. Si potrebbero anche estendere i numeri per quando si vuole, ovvero segnarli in altra ruota diversa da quella ove sono segnate le lettere, e così estendere il numero de' periodi che si vogliano indicare per quanto si vuole.

FINE DELLA PARTE FISICA.

INDICE

FINE

Tav.a I.
Fig.a 4
Fig.a 6.
Fig.a 24
Fig.a 25
Fig.a 20

Fig. 38
Fig. 48
Fig. 49
Fig. 61
A
S
B
C
N
E
K
P
S
M
B
D
F
R
m
A
E
B
E'

Tav. III.
Fig 79.
Fig 81.
Fig 85.
88.
Fig 89.